<36637265730018

Aus

Leben und Wissenschaft

Gesammelte Vorträge und Aufsätze

von

Dr. A. Dodel

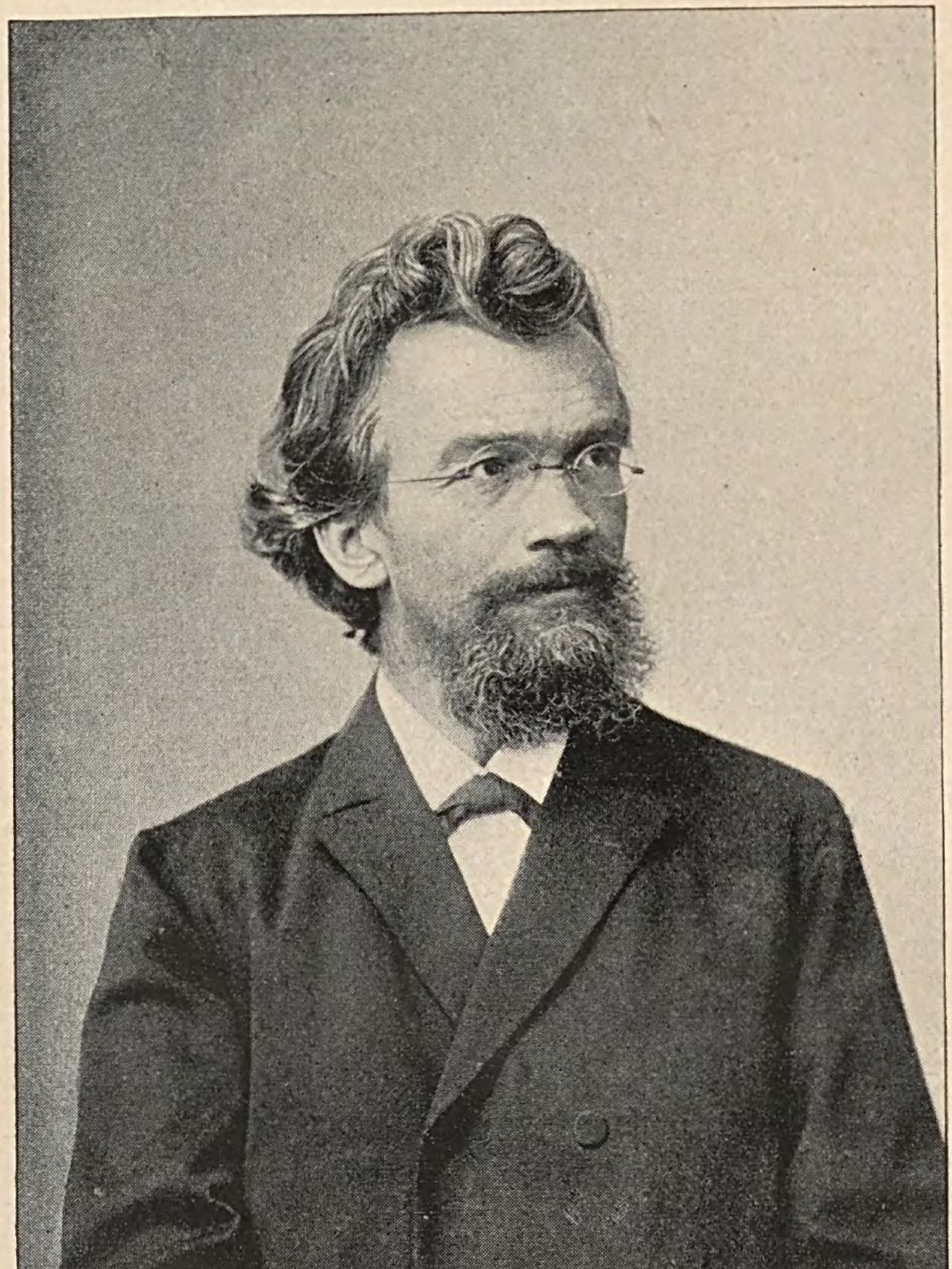
Ord. öffentl. Professor an der Universität Zürich

Erster Theil

Stuttgart

Verlag von J. H. W. Dietz

1896



A Dodel.

Aus
Leben und Wissenschaft

Gesammelte Vorträge und Aufsätze

von

Dr. A. Dodel
Ord. öffentl. Professor an der Universität Zürich

Erster Theil

Stuttgart
Verlag von J. H. W. Dietz
1896

Druck von J. H. W. Dietz in Stuttgart.

Inhalts-Verzeichniß.

II.

Aus der Geschichte von der Anschauung des Lebens.

Als Meistern des Denkens geben wir den alten Griechen das erste Wort über die Auffassung des Lebens. Nach Thales von Milet entsprangen alle Dinge, auch die lebendigen Wesen, aus der Feuchtigkeit, dem Wasser. Anaximenes setzt dagegen die Luft als den Ursprung aller Dinge, auch als Ursprung alles Lebens. Diogenes von Apollonia schreibt der Luft nicht nur Bewegung zu, sondern auch Weisheit, Erkenntnißvermögen. Er setzt diese erkennende Luft, die alles umspüle und alles durchdringe, als Weltseele; die Luft als Lebensprinzip wird zur Weltintelligenz vergeistigt: Anaximander von Milet nennt das Unendliche den Ursprung aller Dinge; auch die Lebewesen nahmen ihren Ursprung aus dem Unendlichen durch Bewegung. Der mathematische Philosoph Pythagoras setzte die Zahl Eins als Ursprung aller Dinge, das Leben — die Seele sei eine Monade, eine Eins. Xenophanes dagegen setzt die Unendlichkeit des Alls als Einheit, als Höchstes, als Gott, während das Leben eine Vielheit sei, ein Unvollkommneres. Heraklit sieht im Feuer das Prinzip aller Dinge, Feuer ist Bewegung, Leben ist eine stete Bewegung. Anaxagoras lehrt eine Vielheit von Elementen: „Zuerst waren alle Dinge eine verwirrte Masse; dann kam die Vernunft und ordnete sie zu Welten." Diese höchste Vernunft war „die abstrakte Form des Lebensprinzips, welches die Thiere und Pflanzen beseelt". Nach der Ansicht Anaxagoras' gab es keine Schöpfung der Elemente, letztere sind ewig. Empedokles war ähnlicher Meinung. Doch wollte er blos von vier Elementen wissen: Erde, Luft, Feuer und Wasser. Aus diesen vier Elementen gehen einzig durch Mischung und Trennung alle Dinge hervor im Widerstreit von Liebe und Haß. Demokrit von Abdera ward der Begründer der Atomlehre, fand aber nicht genügend Anklang, bis die moderne Naturwissenschaft sich seiner Theorie bemächtigte und erst zweitausend Jahre nach Demokrits Tode ihm zum Siege verhalf. Für Demokrit sind die Lebenserscheinungen nichts Anderes als das Produkt von Bewegungen der feinsten und glattesten Atome; die Seele ist nach Demokrit ein extrafeiner Stoff, etwas Besonderes, von den anderen Wesenheiten Verschiedenes. Die antimaterialistische Reaktion begann schon kurz nach Demokrit, mit dessen Schüler Protagoras, der den Menschen als Maß aller Dinge setzt. Sokrates — Platon — Aristoteles. Diese drei heidnischen Philosophen liefern die Welt- und Lebensanschauung des Christenthums — ein halbes Jahrtausend bevor das Christenthum auf die Weltbühne trat. Darnach sind alle Dinge und Geschehnisse nichts Geringeres als der Ausfluß eines göttlichen Willens. Der Baumeister der Welten wird personifizirt als Gott, als ewige Idee — und des Menschen Seele sei unsterblich. Die Abweichungen zwischen Platon und Aristoteles. Die Zweckmäßigkeitslehre (Teleologie) des Aristoteles. Sein Dualismus. Die Weltanschauung des Christenthums. Moses oder Darwin? Die Wissenschaft lehrt genau das Gegentheil von den landläufigen Ideen der christlichen Weltreligion.

Die alten Griechen waren Meister des Denkens. Ihre Weltanschauung — ihre Philosophie — wurde daher zum Sauerteig der Gedankenwelt des ganzen Abendlandes. Die Weltanschauung der griechischen Philosophen, die ja alle Heiden waren, wurde zur Grundlage der christlichen Philosophie. Die griechische Philosophie lebte also länger denn zweitausend Jahre in der Gedankenwelt der

christlichen Kulturvölker und sie treibt heute noch ihren Spuk weiter, ein Scheinleben führend, das erst mit dem Sieg der naturwissenschaftlichen Weltanschauung vollends verschwinden wird. Es ist daher von hohem Interesse für uns, zu wissen, welche Ansichten über das Leben von den griechischen Philosophen gelehrt wurden.

Der erste griechische Philosoph, welcher sich ernstlich bemühte, dem Wesen der Dinge auf den Grund zu kommen, war Thales von Milet, geboren auf einer griechischen Kolonie in Kleinasien um 636 v. Chr. Geb. Er frug sich, wie die Dinge entstanden seien und noch entstehen. Nach reiflichem Beobachten und Nachdenken kam er zu dem Schluß, alles entspringe aus der Feuchtigkeit, aus dem Wasser; denn alle Dinge werden vom Wasser genährt, und der Same aller Dinge sei feucht. Da haben wir schon den großen Gedanken: „Aus dem Meere stieg das Leben", der in der Geschichte des menschlichen Denkens des Oefteren wiederkehrt. Thales glaubte an Gottheiten, die aber ebenfalls aus dem Wasser entsprangen. (Es ist hier daran zu erinnern, daß die Griechen lange Zeit in Wort und Bild den Glauben verherrlichten, daß die Göttin der Liebe — Aphrodite oder Venus — aus dem Schaum der Meereswellen geboren wurde.)

Während Thales das Wasser als das bedeutendste Element betrachtete, setzte sein geschichtlicher Nachfolger Anaximenes etwa hundert Jahre später die Luft als den Ursprung aller Dinge, also auch als den Ursprung oder als Ausgangspunkt dessen, was man Leben nennt. „Er fühlte in sich ein Etwas, welches ihn bewegte, er wußte nicht wie, er wußte nicht warum; Etwas, höher als er selbst, unsichtbar, aber immer gegenwärtig; dies nannte er sein Leben. Sein Leben hielt er für Luft. War nicht auch außer ihm, ebensowohl als in ihm, eine immer bewegte, immer gegenwärtige, unsichtbare Luft? Die Luft in ihm und die er Leben nannte, war sie nicht ein Theil der Luft außer ihm? und wenn das, war nicht diese Luft der Ursprung aller Dinge? — Alles wurde durch sie hervorgebracht, Alles in sie wieder aufgelöst. Wenn er athmete, sog er einen Theil des universellen Lebens ein. Alles lebte wie er von der Luft." (Lewes, Geschichte der alten Philosophie, pag. 119.)

Davon hatte dieser geniale Grieche allerdings keine Idee, daß eines Tages die exakte Erfahrungswissenschaft beweisen würde, daß alles Lebendige auf Erden seine wesentlichsten Stofftheile aus der

atmosphärischen Luft beziehen müsse. Die grüne Pflanzenwelt baut ihre kohlenhaltigen Organe aus dem Kohlenstoff, der in Gestalt von gasförmiger Kohlensäure in der Atmosphäre unseres Planeten enthalten ist. Die meisten Pflanzen leben thatsächlich von Luft und Wasser, und da die meisten Thiere sich aus Stoffen ernähren, welche von der Pflanzenwelt vorgebildet werden, so enthält der Satz: „Alles Leben wird durch die Luft bedingt", im Großen und Ganzen eine wissenschaftlich erhärtete Thatsache. Dasselbe gilt von der Meinung des Thales; denn die Wissenschaft zeigt, daß ohne Wasser kein Leben möglich ist, ebensowenig möglich als ein Pflanzen- und Thierleben ohne Luft denkbar wäre. So haben vor zweiundeinhalb Jahrtausenden weise Denker große Wahrheiten ausgesprochen, für welche der wissenschaftliche Beweis erst in unseren Tagen erbracht werden konnte. — Zwei und ein halbes Jahrtausend sind in der Entwicklung der menschlichen Gedankenwelt schon eine sehr ansehnliche Spanne Zeit. Fast so lange ist allerdings diese Entwicklung beinahe stillgestanden; denn unter denkende Menschen traten alsbald gespenstische, irreführende Götter: schon der nächste Nachfolger des Anaximenes, Diogenes von Apollonia (ca. 460 v. Chr. Geb.) — nicht zu verwechseln mit dem ungekämmten, faßbewohnenden Diogenes von Sinope — gerieth mit seinen weiterspinnenden Gedanken auf die schiefe Ebene.

Er erweiterte die Ansicht des Anaximenes dahin, daß die Luft etwas Aehnliches sei mit der Seele, in welcher zugleich Bewegung und Erkenntnißvermögen herrsche. Die Luft weiß viel — sie ist die Ursubstanz, aus der alle Dinge hervorgegangen. „Sie weiß viel; denn ohne Verstand hätte unmöglich Alles gehörig und verhältnißentsprechend eingerichtet werden können; und was wir auch betrachten: immer finden wir es aufs Beste und Schönste eingerichtet und geordnet", sagt er wörtlich. Dieser Diogenes hatte keine Ahnung davon, daß die wissenschaftliche Weltbetrachtung eines Tages genau das Gegentheil würde zeigen können, nämlich daß verhältnißmäßig nur sehr wenige Dinge „aufs Beste und Schönste eingerichtet und geordnet" sind, daß im Gegentheil die Natur fortwährend ungezählte Lebewesen, Pflanzen- und Thierformen, Menschenrassen, Volksstämme und ganze Nationen vernichtet, weil sie ganz und gar nicht „aufs Beste und Schönste" eingerichtet waren oder sind. Diese beste aller Welten des Apollonia-Diogenes war ein wunderlicher, fast kindischer Traum, wie der

„Candide“ Voltaires, der die beste aller Welten marterhaft verhöhnte, ein närrischer Spaß gewesen.

Für uns ist an dieses Diogenes' Ansicht hauptsächlich das bemerkenswerth, daß er der luftartigen Seele, welche das Leben der Thiere und Pflanzen und des Menschen darstellt, ein Erkenntnißvermögen, Wissen und Verstand zuschreibt. Auch die Außenwelt, von Luft umspült und von Luft durchdrungen, habe eine Seele, ein Weltleben mit Verstand und Erkenntniß. Die Luft als Lebensprinzip wurde da mit einem Male zur Weltintelligenz erweitert.

Auf anderem Wege kamen die mathematischen Philosophen Altgriechenlands zu ähnlichen Ideen: Anaximander von Milet (geb. ca. 600 v. Chr. Geb.) nennt das Unendliche den Ursprung aller Dinge. Mit solchen Aussprüchen läßt sich aber schlechterdings Nichts anfangen; es sind Abstraktionen, Hirngespinnste und Phrasenklänge, bei denen man sich alles Mögliche und auch absolut Nichts denken kann. Das nennt man dann Metaphysik, Wissenschaft von übernatürlichen, unfaßbaren Dingen, die weit erhaben sind über dem Mann im Monde, den nur die unschuldigen Kinder, nicht aber alte Sünder sehen können und von dem die ältesten und einfältigsten Großmütter die allerdrolligsten Geschichten zu erzählen wissen. „Die Schöpfung ist die Auflösung des Unendlichen und entstand durch die Bewegung, welche der Zustand des Unendlichen ist.“ — So nahmen denn auch die Lebewesen ihren Ursprung aus dem Unendlichen durch Bewegung. — Da beginnt der Spuk schon arg mit Phantastereien und närrischem Wesen, von dem Genesung erst nach zweitausendjähriger chronischer Krankheit begann.

Ein anderer mathematischer Philosoph, der von Sagen und Märchen umwobene Pythagoras, setzt die Zahl Eins als Ursprung aller Dinge, also auch des Lebens. „Das Eins ist der Anfang aller Dinge. Das Leben, die Seele ist eine Monade, eine Eins, die sich selbst bewegt. Die Eine Seele kann zwei Seiten haben: Verstand und Leidenschaft, wie bei den Thieren, oder sie kann drei Seiten haben: Leidenschaft, Verstand und Vernunft, wie bei den Menschen.“ Wie viele Seiten das Leben (die Seele) der Pflanzen habe, wird nicht gesagt. Der Mathematiker kam ohne Zweifel gegenüber dem Pflanzenleben in Verlegenheit; denn weniger als zwei Seiten hat doch seit Alters her kein einzig Ding, und

doch mußte konsequenterweise nach seiner eigenen Anschauung die Pflanzenseele einfacher sein, als die Thierseele, also weniger Seiten haben, denn die Thierseele.

Xenophanes (ca. 620 bis 530 v. Chr. Geb.) spekulirte noch weiter als der Vater unseres vielgeliebten pythagoräischen Lehrsatzes. Die Unendlichkeit des Alls war ihm — Gott, d. i. die Ureinheit, der Unbewegliche, an dessen Busen die Vielen sich bewegten. Das Leben war ihm eine Vielheit, ein Unvollkommeneres, während die Einheit des Alls das Vollkommene darstellt. Das war schon Monotheïsmus, der zugleich Pantheïsmus.

Auf dem Boden Griechenlands, der klassischen Freistätte leid- und freudvoller Götter, entwickelte sich also der Monotheïsmus aus einer spekulativen Mathematik. Bei Pythagoras ist die Zahl Eins der Urgrund aller Dinge. Im Anfang war die Zahl, die Eins.

Bei seinem Nachfolger Xenophanes wird diese Einheit als Gott gesetzt.

Wir erinnern hier an den Anfang des von griechischem Geist durchwehten Evangeliums Johannis: „Im Anfang war das Wort (logos) und das Wort war bei Gott und Gott war das Wort.“ Setzen wir an die Stelle des logos nicht „Wort“, sondern „Verstand“, Intellekt, so stehen wir auf dem gleichen Punkte wie Diogenes von Apollonia, der — wie wir oben gesehen haben, die Luft als erkennendes und wissendes Prinzip an den Ursprung aller Dinge setzt.

Heraklit (geb. 503 v. Chr. Geb.) sieht im Feuer das Prinzip aller Dinge. Er sagt: „Die Welt ist weder von Gott noch von den Menschen und sie war und ist und wird immer sein ein ewig lebendiges Feuer, welches in gehörigem Maße sich selbst entzündet und in gehörigem Maße sich selbst auslöscht.“ — Dieses Feuer war für Heraklit eine ewige Bewegung. Das Leben ist eine stete Bewegung, eine fortdauernde Veränderung. „Leben ist Sterben, Sterben ist Aufleben; die ganze Welt ist ein ewiges Schürzen und Lösen, ein unerbittliches Spiel.“ Heraklit war der Erste, welcher den Gedanken des absoluten Lebens der Natur als eine unendliche Veränderung und Wandlung der ewig bewegten Materie aussprach.

Anaxagoras — in der Blüthezeit Griechenlands lebend, lehrt in Abweichung von anderen Philosophen eine Vielheit von Elementen, welche im Anfang chaotisch ungeordnet lagen Er be-

gann sein Werk über die Entstehung der Welten (Kosmogenie) mit den Worten: „Zuerst waren alle Dinge eine verwirrte Masse, dann kam die Vernunft und ordnete sie zu Welten." Die Vernunft war ihm die Kraft, welche das Weltall bewege. Einen Zufall gebe es nicht. Aber diese Weltvernunft wird von Anaxagoras noch nicht als höchste Gottheit deklarirt; sie war ihm nur „die abstrakte Form des Lebensprinzips, welches die Thiere und die Pflanzen beseelte", nicht etwa ein außerweltlicher Baumeister, wie der Demiurg Platos oder wie „der Geist Gottes, der über den Wassern schwebte" (Moses). Dennoch setzt diese Lehre einen Dualismus, eine Zweiwesenheit in die Welt, eine Materie, welche formirt wird, und einen Geist — eine Vernunft, welche die Materie formirt und Ordnung ins Chaos der vielen Elemente bringt.

Schon Anaxagoras lehrte, daß es keine Schöpfung der Elemente gab, sondern nur eine Anordnung und Umordnung der Materie, die ewig ist. Aehnlich dachte Empedokles (berühmt um 444 v. Chr. Geb.), der sich dahin äußert:

„Thoren denken, es könne zu sein beginnen, was nie war,
Oder es könne, was ist, vergehn und gänzlich verschwinden.
Jetzt will ich euch noch weiter die Wahrheit enthüll'n: von Natur giebts
Keine Geburt der Sterblichen, keine vollkommne Vernichtung,
Nichts als lauter Gemisch und wieder Trennen der Mischung;
Und dies nennen dann Tod und Geburt unwissende Menschen."

Empedokles vertrat die Meinung, daß es nur vier Elemente gebe: Erde, Luft, Feuer und Wasser. Aus diesen vier Elementen gehen einzig durch Mischung und durch Trennung alle Dinge hervor. Das Prinzip der ordnenden Mischung, die schöpferische Kraft, sei die Liebe, das Prinzip der Trennung sei der Haß.

Unstreitig der schärfste Denker und der glücklichste Pfadfinder auf dem Felde der Logik war der „lachende" Philosoph **Demokrit** von Abdera (geb. 460 v. Chr.), der Begründer der Atomtheorie, welche berufen und würdig gewesen wäre, zur Grundlage einer klassischen Naturwissenschaft des Alterthums und des Mittelalters zu werden. Jene Atomtheorie fand aber in den „christlichen" Philosophen des vorchristlichen Griechenlandes, in Sokrates, Plato und Aristoteles, ihre unerbittlichsten Gegner und sieghaften Belagerer. Erst zwei Jahrtausende nach Demokrit gelangten die Hauptsätze seiner Lehre unter ganz neuen Verhältnissen zu Ehren. Sie wurden zur festen Grundlage der weltbezwingenden materia-

listischen Naturwissenschaft der Neuzeit. Es verlohnt sich daher, einige der wichtigsten Lehrsätze Demokrits genauer zu betrachten; hier sind sie:

1. „Aus Nichts wird Nichts. Nichts, was ist, kann vernichtet werden."

Die Naturwissenschaft unserer Tage beweist dies durch das Gesetz von der Erhaltung der Kraft und Unzerstörbarkeit der Materie.

2. „Alle Veränderung ist nur Verbindung und Trennung von Theilen."

Wir werden in einem folgenden Abschnitt zeigen, daß bei den lebenden Organismen in der That alle Veränderung im Wesentlichen nur Stoffumsatz und Kraftverwandlung ist, nur auf „Verbindung und Trennung von Theilen" beruht.

3. „Nichts geschieht zufällig, sondern Alles aus einem Grunde und mit Nothwendigkeit."

Heute sagen wir ebenfalls: es giebt keinen Zufall; denn Alles, was geschieht, das geschieht mit Naturnothwendigkeit nach ausnahmslosen Gesetzen. Diese Gesetze kennen zu lernen, ist Aufgabe des denkenden Menschen, der dadurch befähigt wird, Nutzanwendungen auf sein eigenes Verhalten gegenüber dem Naturganzen zu machen und dem drohenden Verderben im scheinbaren „Zufall" auszuweichen.

4. „Nichts existirt als die Atome und der leere Raum. Alles Andere ist Meinung."

Der Leser weiß, daß die Chemiker und die Physiker unserer Tage unter den Atomen die denkbar kleinsten Einzeltheilchen der Grundstoffe oder Elemente verstehen, die kleinsten Theilchen, welche selbst nicht weiter theilbar sind, aber nach Zahl und Anordnung gesetzmäßig zusammentreten zu größeren Theilen, zu Molekülen, aus denen sich die verschiedenartigsten Massen und Verbindungen zusammensetzen. Diese Atome und Moleküle sind so klein, daß sie kein menschliches Auge je einzeln wird wahrnehmen können. Dennoch kennt die Wissenschaft heute die Größe und das Gewicht der verschiedenartigen Atome und sie berechnet auch die Kraft, mit welcher sich die Atome und die Moleküle gegenseitig anziehen oder abstoßen. Auf der Bewegung der Atome beruhen Wärme, Licht,

Schall, Elektrizität und die chemischen und physikalischen Zustände aller wirklichen Materie, die wir mit unseren Sinnen wahrnehmen können.

5. „Die Atome sind unendlich an Zahl und von unendlicher Verschiedenheit der Form. In ewiger Fallbewegung durch den unendlichen Raum prallen die größeren, welche schneller fallen, auf die kleineren; die dadurch entstehenden Seitenbewegungen und Wirbel sind der Anfang der Weltbildung. Unzählige Welten bilden sich und vergehen wieder nebeneinander und nacheinander.“

Wenn in diesen Dingen die Anschauung der Naturforscher eine von Demokrit abweichende geworden ist, so schmälert das keineswegs den Ruhm seiner ganzen Atomlehre. Damals war von einer experimentirenden Naturforschung keine Rede und Niemand konnte ahnen, daß in den zahllosen Körpern und Substanzen, welche unseren Planeten und alle auf Erden lebenden Organismen zusammensetzen, kaum ein hundert chemische Elemente vorhanden sein würden. Form, Größe und Gewicht sind bei den Atomen desselben Elementes wohl stets dieselben; es giebt also nach dem heutigen Stand der Wissenschaft kaum hundert Arten formverschiedener Atome. Dagegen treten diese verschiedenen Atome in kleine und größere Gruppen zusammen und bilden unzählige formverschiedene Moleküle. Demokrit konnte von den Molekülen Nichts wissen, weil zu seiner Zeit noch keine Chemie existirte.

Irrig war Demokrits Annahme, daß im leeren Raum die schwereren Körper schneller fallen, als die leichteren. Erst als die Luftpumpe erfunden war, konnten die Physiker der neueren Zeit thatsächlich nachweisen, daß im leeren Raum leichte Körper, z. B. Federn, ebenso schnell fallen, als schwere Körper, wie Klumpen aus Blei oder Eisen.

6. „Die Verschiedenheit aller Dinge rührt her von der Verschiedenheit ihrer Atome an Zahl, Größe, Gestalt und Anordnung; eine qualitative Verschiedenheit der Atome findet nicht statt. Die Atome haben keine inneren Zustände; sie wirken aufeinander nur durch Druck und Stoß.“

Die Wissenschaft unserer Tage würde Folgendes sagen: Die Verschiedenheit aller Dinge rührt her von der Verschiedenheit der **Moleküle,** jener größeren Einheiten, zu denen die Atome in Gruppen

zusammentreten. Jedes neuere Lehrbuch der Chemie zeigt an tausend Beispielen, daß die Verschiedenheit der Substanzen auf der Zahl und auf der räumlichen Anordnung der zu Molekülen vereinigten Atome beruht.

7. „Die Seele besteht aus feinen, glatten und runden Atomen, gleich denen des Feuers. Diese Atome sind die beweglichsten und durch ihre Bewegung, die den ganzen Körper durchdringt, werden die **Lebenserscheinungen** hervorgebracht."

Auch in dieser Demokrit'schen Anschauung bekundet sich der mangelhafte Zustand damaligen Wissens und der Einfluß einer vorausgegangenen Setzung von zwei Wesenheiten: Seele und Körper. Wie bei dem Apollonia-Diogenes finden wir auch bei Demokrit die Ansicht, daß die Seele ein besonderer Stoff sei, durch dessen Bewegung alle Lebenserscheinungen zu Stande kämen. — Die neuere Experimentalphysiologie als Wissenschaft vom Leben hat aber gezeigt, daß alle Lebenserscheinungen an und in den Pflanzen und Thieren (mit Einschluß des Menschen) auf Bewegungen und Veränderungen ganz gewöhnlicher „weltlicher" Substanzen beruhen und daß es ein Luxus, ja sogar mehr als das: daß es ein frevelhaftes Beginnen der Wissenschaft wäre, in den lebendigen Leib eines Thieres oder einer Pflanze eine besondere Substanz oder eine besondere Kraft zu setzen, welche etwas Anderes wären als die Substanzen und Kräfte, die in der sogenannten todten Natur und im Weltall die Bewegungen ausführen.

Wir werden hievon einläßlicher in einem folgenden Abschnitt zu reden haben.

Auf das materialistische Zeitalter des Demokrit folgte gegen das Ende des fünften Jahrhunderts vor Chr. Geb. eine gewaltige Reaktion in der Weltanschauung. Schon Protagoras, der um die Mitte des fünften Jahrhunderts vor unserer Zeitrechnung lebte und als Schüler Demokrits galt, ließ die atomistische Lehre des Letzteren fallen und stellte den Menschen als „das Maß aller Dinge" hin. Das ist so zu verstehen: es hängt einzig von unseren Empfindungen ab, wie die Dinge uns erscheinen; nur das ist wahr, was Jedem als wahr erscheint.

Die antimaterialistische Reaktion, deren Vorläufer Protagoras gewesen, erreichte ihre großartige Entfaltung durch die Lehren eines Sokrates (geb. 470 vor Chr. Geb.), eines Plato und eines

Aristoteles. Die platonische Philosophie wurde nachgerade zu einer „Weltreligion" erweitert. Darnach wären alle Dinge und Geschehnisse nichts Geringeres als der Ausfluß eines göttlichen Willens. Jeder Naturkörper — Pflanze, Thier oder Mensch — ist nach Plato eine Verkörperung irgend einer **ewigen Idee.** Die Vernunft, ein Geist, Gott habe die Welt erschaffen. Dieses schöpferische Prinzip, die ewige Idee, **Gott,** wird von diesen Philosophen und allen ihren Nachbetern mit menschlichen Eigenschaften, mit Zweckbewußtsein und mit dem absoluten Willen, nach einem Plan zu arbeiten, ausgestattet. „Die Welt wird vom Menschen aus erklärt, nicht der Mensch aus den allgemeinen Naturgesetzen. Allenthalben haben wir ein menschenähnliches Thun. Ein Plan, ein Zweck muß zuerst vorhanden sein, dann der Stoff und die Kraft, ihn in Bewegung zu setzen. — Das eigentliche Prinzip dieser Weltanschauung ist das theologische: der Baumeister der Welten muß eine Person sein." (F. A. Lange, Gesch. d. Materialismus.)

Nach Plato ist also jedes lebende Wesen ein verkörperter Schöpfungsgedanke Gottes. Damit war der für mehr denn zweitausend Jahre sieghaft bleibende Dualismus von Gott und Welt, von Seele und Leib, von Geist und Materie in platonisch-schöner Form ausgesprochen. Die „ewige Idee" Platons schwebte von da ab über der Gedankenwelt des ganzen Abendlandes, wie der „Geist Gottes" über den Wassern seit den Tagen der Mosaischen Schöpfung.

Jedermann kennt das Schicksal des berühmten Sokrates: politische und religiöse Fanatiker ließen ihn den Giftbecher trinken, zu welchem er in aller Form verurtheilt ward unter dem Vorgeben, er sei irreligiös und verführe die Jugend. Sein Tod aber wurde nachmals und zwar bis auf den heutigen Tag von allen denkenden Menschen als ein Martyrium betrachtet. Noch am Tag unmittelbar vor seinem Tod hielt Sokrates mit seinen Schülern ein Gespräch über die Unsterblichkeit der Seele, welches Plato in seinem „Phädon" mitgetheilt hat. Von demselben Plato — einem Schüler des Sokrates — wird mitgetheilt, daß der weise Lehrer, nachdem er den Giftbecher getrunken und schon beinahe ganz gelähmt war, beim Herannahen des Endes zu einem anwesenden Schüler und Freund gesagt: „O Kriton, wir sind dem Asklepios einen Hahn schuldig, entrichtet ihm den und versäumt es ja nicht."

So sehr war Sokrates von der Idee der Unsterblichkeit der Seele durchdrungen, daß er den ihm aufgezwungenen Tod als eine Genesung zu einem besseren Leben betrachtete. War es also damals in Athen Sitte, dem Gotte der Heilkunde (Asklepios) beim Genesen von jeder ernsten Krankheit ein Opfer darzubringen: so verlangte Sokrates von seinem Freunde auch für diesen Fall, für den Tod durch Gift das Genesungsopfer. Das irdische Leben erschien ihm sonach wie eine Krankheit, der Tod war ihm Uebergang von dieser Krankheit zur ungetrübten Freude in einem jenseitigen Leben.

Sein Schüler Plato, der klassische Idealist, um dessen Person und Schicksal sich duftende Fabeln und Märchen gesponnen haben (er soll ein Sohn des Gottes Apoll und seine Mutter eine leibhaftige irdische Jungfrau gewesen sein), gründete in Athen jene berühmte Schule der Philosophie, welche unter dem Namen der „Akademie" in weiten Landen bekannt war. Dort wurden alle anderen Dinge eher gelehrt und gelernt, als Naturwissen und Forschungen über wirkliche Dinge. Man hatte sich von der sichtbaren Außenwelt ab- und der unsichtbaren Innenwelt des Menschen, den Ideen und Phantasien zugewendet, um aus diesen letzteren und durch diese letzteren die ganze übrige Welt zu erklären. In Plato feiert die Phantasie, diese liebreizende Verführerin des Verstandes, ihre höchsten Triumphe. „Die Masse der wirklichen Belehrung, die wir bei Plato jetzt noch finden und zu unseren Zwecken brauchen können, steigt kaum über Null." (Lewes, pag. 340.) Die ganze, unseren Sinnen wahrnehmbare Welt erschien der platonischen Schule als eine Art Maske, hinter welcher sich die ewige Idee versteckt. Plato sah das **Leben**, welches er mit der Seele identifizirte, als Ausfluß der ewigen Idee selbst an; der lebendige Körper des Menschen war ihm ein Gefängniß der unsterblichen Seele, die sich aus ihren irdischen Schranken heraussehne, weil sie in diesem irdischen Gefängniß nur schwache Lichtblicke aus der Region ewiger Wahrheit erhalte, also aus einer anderen Welt, in welcher die sehnende Seele Ruhe finden würde.

Diese vorchristliche Lehre Platons — er lebte von 427 bis 344 **vor** Chr. Geb. — wurde zum Hauptpfeiler der christlichen Unsterblichkeitslehre und war somit berufen, volle 2200 Jahre den größten Bruchtheil der zivilisirten Menschheit — bis auf unsere Tage fast alle Frauen und Kinder — zu beherrschen.

Der nachmals berühmtest gewordene Schüler Platons war **Aristoteles** von Stagira, geb. 384, gest. 322 vor Chr. Geb.

Das Leben des großen Philosophen und Naturkundigen Aristoteles fällt in die Zeit des Niederganges der Größe Griechenlands. Aber Künste und Wissenschaft blühten noch weiter fort, nachdem bereits die politische Macht ihren Kulminationspunkt überschritten hatte. Unter solchem glühenden Abendhimmel meißelte Praxiteles seine Statuen mit ihrer unsterblichen Schönheit; Skopas schuf die Niobe und die Venus von Milo; in den Schulen waren alle Räume von der strebsamen Jugend gefüllt, welche auf gefeierte Lehrer hörte. In solcher Zeit geistiger Bethätigung und künstlerischen Schaffens wuchs Aristoteles heran, ein reicher Jüngling, der ganze Vermögen dazu verwenden konnte, theure Bücher zu kaufen und sich alles Wissen seiner Zeit und der letzten glorreichen Vergangenheit Griechenlands anzueignen.

Aristoteles war als Schüler Platons ohne Zweifel einer der genialsten und bestvorbereiteten. Für uns, die wir von der platonischen Philosophie uns abgewendet haben, hat Aristoteles seine Hauptbedeutung als **Sammler**, weniger als selbstthätiger Forscher. Er war, als er seine vielen Werke schrieb, von denen allerdings nur Bruchstücke auf uns gekommen sind, eine lebende Encyklopädie, der lebendige Inbegriff des Wissens und Träumens seiner Zeit.

Solcher Art war sein Wissen und sein nachmaliges Ansehen, daß Aristoteles durch fast zwei volle Jahrtausende als der Inbegriff aller Wissenschaft überhaupt angesehen, verehrt und von aller Christenheit zitirt wurde. Und doch erscheint uns heute, da seine beispiellose Autorität noch in den Köpfen der unwissenden und gläubigen Masse spukt, all sein **Naturwissen** mit geringen Ausnahmen nur wie Kindertraum, wie Märchen und Sagen.

Er schrieb über Politik, über Ethik, Rhetorik, Logik und Metaphysik, über Physik, Astronomie, Zoologie, vergleichende Anatomie und Psychologie.

Was wir ihm hoch anschlagen müssen, das ist seine Opposition gegen die Platon'sche Methode, aus der abstrakten Idee alle Dinge erklären zu wollen. Aristoteles betont den hohen Werth der Erfahrung; aus vielen Erfahrungen gelangen wir zu allgemeinen Sätzen, zu Wahrheiten. Aus der Vielheit der Beobachtungen und Erfahrungen schöpft die Vernunft die Begründung einer einzigen

Wahrheit. Während Plato Alles aus der Idee, also von Innen heraus, aus allgemeinen Sätzen zu erklären versuchte, also von der Einheit (von der Idee) zur Vielheit fortschritt, aus dem Einen das Viele zu erklären versuchte, geht Aristoteles von der Vielheit der Erfahrungen und Thatsachen aus und schreitet dann zum einheitlichen Erfahrungssatz, zur Formulirung des Gesetzes oder der Wahrheit. Das ist die Grundlage der neueren Naturforschung, die Methode der sogenannten Induktion.

Aristoteles wird daher mit Recht der Vater der **induktiven** Forschung genannt, während Plato der mächtigste Vertreter der deduktiven Philosophie gewesen ist. „Plato machte die Vernunft zur Basis, Aristoteles dagegen machte die Erfahrung zur Grundlage aller Wissenschaft.“ Der eine von diesen beiden bedeutendsten Philosophen Griechenlands ging darauf aus, den Menschen zur Beobachtung und zum Ausfragen der Natur anzuhalten, der andere dagegen stellte die Ideen in den Vordergrund und vernachlässigte die Naturbeobachtung.

Im Anschauen der wirklichen Dinge und Geschehnisse blieb auch Aristoteles Dualist: „Die Natur ist nicht sich selbst bewegend; wir müssen daher einen Urbeweger annehmen, der selbst unbeweglich ist.“ — Merkwürdiger Weise fand Aristoteles diese Welt der Erscheinungen ebenfalls vollkommen, harmonisch, Alles sei zweckmäßig eingerichtet. „Was ist es, was die Harmonie, die Regelmäßigkeit und Schönheit der Welt bewirkt? Offenbar eine Endursache, die jeder Bewegung einen Zweck giebt. Das Gute eines Jeden und das Gute von Allen ist die Endursache jeder Veränderung.“

Nun ist zu sagen, daß diese Zweckmäßigkeitslehre (Teleologie) durchaus unwissenschaftlich ist und von der neueren Naturforschung gänzlich über Bord geworfen werden mußte, weil damit gar nichts anzufangen und im Erkennen gar nicht weiter zu kommen möglich war. In der That hat die Lehre von einer nach Zwecken schaffenden Endursache, die man bald „ewige Idee“, bald „oberste Gottheit“, bald „Jehova-Elohim“, bald schlechtweg „Gott“, bald „Absolutes“ nannte, die Wissenschaft durch zwei Jahrtausende hindurch nicht nur nicht gefördert, sondern stets gehemmt. Erst Darwin hat durch seine Lehre von der natürlichen Zuchtwahl im Kampf ums Dasein den siegreichen Beweis geleistet, daß die nach „Zwecken“ schaffende Endursache im Reiche der Natur keinen Raum hat und nur ein Hirngespinnst derer war, welche im Gang des Natur-

geschehens den jeweiligen Zusammenhang zwischen natürlicher Ursache und naturnothwendiger Wirkung übersahen.

Welcher Art die Anschauung des Lebens war, die sich Aristoteles als Dualist zurechtgelegt hat, läßt sich unschwer errathen: in allen lebenden Naturkörpern haben wir eine nach Zwecken geformte Materie und ein nach Zwecken formendes und bewegendes Prinzip zu unterscheiden. Es ist das im Wesentlichen wieder der Geist Gottes, der über der und in der Materie wirkt, ein Unbewegtes, das Bewegung schafft.

Gewiß anerkennen wir gerne und mit Dank die großen Verdienste der aristotelischen Arbeit. Was er an damaligem Wissen und an Ueberlieferungen aller Art sammelte und systematisch ordnete, das allein repräsentirt eine Riesenarbeit. Was er selbst mit eigenen Augen untersuchte, läßt sich nicht genau ermitteln, weil er nicht angiebt, was von ihm selbst und was von Anderen gesehen oder entdeckt worden ist.

Ungeheuer naiv waren seine Ansichten über die Entstehung lebender Thiere aus todten Substanzen.

Zur Zeit der großen Philosophen wurde in Griechenland das Märchen geglaubt, daß in Aegypten Mäuse, an anderen Orten auch Schlangen und Frösche, vielerorts auch Grillen aus todter Erde entstehen. Allgemein wurde die Sage kolportirt, daß zur Zeit der Sklavenkriege in Sizilien nicht nur die blutgetränkte Erde, sondern auch, daß die todten, unbeerdigten Menschenleiber zahllose Heuschrecken hervorgebracht haben. Vom Aal, dessen Fortpflanzungsgeschichte freilich bis in unsere Zeit ein ungelöstes Räthsel war, ging in Altgriechenland die Sage, daß er immer wieder aus dem Schlamm entstehe, wenn das Wasser aus den Teichen abgelassen würde. Nach Aristoteles entstehen die Flöhe aus der Fäulniß des Kehrichtes und Mistes, und dieser einfältige Glaube blieb von Aristoteles an durch die folgenden 2200 Jahre bis heutigen Tages in der unwissenden Heidenwelt wie im christlichen Abendlande lebendig.

Wenn ein Naturkundiger unserer Tage dergleichen noch von unwissenden Waschweibern oder einfältigen Dienstboten behaupten hört, so graut ihm vor der frivolen Leichtgläubigkeit dieser Leute; wenn er aber von Köchinnen oder gar von „gebildeten" Hausfrauen immer wieder das Märchen weitertragen hört, daß todtes Fleisch bei längerem Liegen „lebendig", d. h. zu Maden verwandelt werde

aus Kraft der „Fäulniß" („Putrefaction" sagten die alten Philosophen): dann verzweifelt er fast an der Bildungsfähigkeit der Generationen. Die Phantasiegebilde der Platoniker und Aristoteliker scheinen sich beinahe wie Erbstücke in Fleisch und Blut von Generation zu Generation weiter fortzupflanzen. Und der heillose Spuk eines riesengroßen Widerspruches: im gleichen Athemzug läßt man Gott alle lebendigen Dinge am Anfang der Schöpfung und zwar nur ein Mal erschaffen und gleichzeitig soll faulender Kehricht und Mist jeden Tag neues Leben ins Dasein rufen — dieser heillose Widerspruch scheint die Kraft des ewigen Lebens zu erlangen.

Nur die unerbittliche Wissenschaft wird im Stande sein, endlich auch diesen Wahnglauben aus der Welt zu schaffen. Wenn der Mikroskopiker zeigt, daß erfahrungsgemäß kein todter Körper, keine todte Substanz aus sich selbst heraus irgend ein Lebewesen hervorbringen kann, sondern daß alle lebendigen Naturkörper nur aus lebendigen Eltern hervorgehen, daß also jedes kleinste Spaltpilzchen, das an der Krankheit irgend eines Menschen Schuld hat, von einem mütterlichen Spaltpilzchen abstammt, und daß aus solcher Erkenntniß Segen und aus der Unkenntniß und dem Wahnglauben Unsegen, Krankheit und Tod erwächst: wenn alle Bürger und Bürgerinnen des Staates einmal die einfachsten Gesetze der Gesundheitspflege werden kennen gelernt haben, dann wird jener Irrthum vom „Lebendigwerden" des Aases oder des Schlammes oder der feuchten Erde „aus Kraft der Fäulniß" dahinsterben, wie so viele andere Glaubenssätze der Unwissenheit.*

Ich habe wiederholt darauf hingewiesen, welchen Einfluß die platonische Philosophie und die aristotelische Wissenschaft auf die Entwicklung der Geisteswelt im Abendland gewonnen hat. Wenige Jahrhunderte nach Platon und Aristoteles trat das Christenthum auf die Weltbühne. Bekanntlich fußt der Christianismus auf dem Mosaismus und letzterer hinwieder auf der märchenhaften Schöpfungsgeschichte und dem ebenso märchenhaften Stammbaum des aus-

---

* Freilich müssen vorher die Volksschulen in weiten Landen erst verbessert werden. An die Stelle des konfessionellen Religionsunterrichtes, der ja im Grunde genommen nur die irrthümliche Lehre platonischer und aristotelischer Philosophie ist, und der im schulfreundlichsten Staate Deutschlands — in Württemberg — heute noch die **vornehmste** Stelle als Lehrfach in der Volksschule einnimmt, muß Naturlehre und wirkliches Wissen treten. Dann erst wird's besser. Anders geht es nicht!

erwählten Volkes, wie wir beide in den Büchern Mosis niedergelegt finden.

Keine andere dichterische Erzählung hat in der Geschichte des menschlichen Geistes dieselbe bedeutsame Rolle gespielt, wie die mosaische Schöpfungsgeschichte, die ja bekanntlich heute noch in weiten Landen auf Kanzeln und in Schulstuben als göttliche Offenbarung und unanfechtbare Wahrheit gelehrt wird. Aber es hat auch keine andere Dichtung jemals so hemmend und störend auf die Entwicklung der Wissenschaft eingewirkt, wie jenes orientalische Märchen einer Weltschöpfung aus Nichts. Es ist hier nicht der Ort, darauf näher einzutreten; wer sich des Genaueren informiren will, der greife zu meiner Streitschrift „Moses oder Darwin?“ (Verlag von J. H. W. Dietz, 5. Aufl., 1895).* Es soll hier einzig daran erinnert werden, wie das **Leben** der Thiere und der Pflanzen, sowie das **Leben des Menschen** nach der Auffassung Mosis und nach der Auffassung aller bibelgläubigen Christen in das Dasein trat.

Zuerst schuf Gott das Chaos, d. h. die ungeordnete Materie.

„Die Erde war wüst und leer (tohu wabohu). Und der Geist Gottes schwebte über den Wassern.“ (1. Mosis 1, 2.)

Da haben wir gleich von Anfang an den Dualismus, die Zweiwesenheit: Materie und Geist, Welt und Gott.

Nach der Erschaffung des Lichtes und nach der Scheidung der Wasser vom Festlande (1. Mosis 1, 3—10) schuf Gott (Platon würde sagen: „schuf die ewige Idee“) die lebendige Pflanzenwelt:

„Es lasse die Erde aufgehen Gras und Kraut, das sich besame, und fruchtbare Bäume, da ein jeglicher nach seiner Art Frucht trage und habe seinen eigenen Samen in sich selbst auf Erden!“

Das geschah am dritten Schöpfungstag. Die lebendige Thierwelt dagegen wurde erst am fünften und sechsten Tag geschaffen:

Vers 20. „Es errege sich das Wasser mit webenden und lebendigen Thieren und mit Gevögel, das auf Erden unter der Veste des Himmels fliege!“

---

* Da diese 5. Auflage fast vergriffen ist, so wird diese Streitschrift (Drei Vorträge für Arbeiter) zum sechsten Mal neu in deutscher Ausgabe erscheinen als III. Theil des vorliegenden Werkes. Daneben bestehen einige Uebersetzungen in fremden Sprachen: eine holländische, herausgegeben vom Verein „Morgenröthe“ in Amsterdam; eine französische, herausgegeben von Fulpius im Verlag von Reinwald, Paris; eine englische, herausgegeben von F. W. Dodel im Verlag der Truth Seeker Company in New York.

Vers 24. „Die Erde bringe hervor lebendige Thiere, ein jegliches nach seiner Art, Vieh, Gewürm und Thiere auf Erden!"

Endlich die Erschaffung des lebendigen Menschen am sechsten, am letzten Werktag:

Vers 26. „Und Gott sprach: Lasset uns Menschen machen, ein Bild, das uns gleich sei, die da herrschen über die Fische im Meer und über die Vögel unter dem Himmel und über das Vieh und über die ganze Erde und über alles Gewürm, das auf Erden kriechet!"

Kap. 2, Vers 7. „Und Gott der Herr machte den Menschen aus einem Erdenkloß und er blies ihm ein den lebendigen Odem in seine Nase. Und also ward der Mensch eine **lebendige Seele.**"

Darnach ging der erste Mensch Adam direkt durch die formirende Hand Gottes aus einem offenbar seelenlosen Erdenkloß hervor und ward derselbe erst belebt durch den Odem, den ihm — dem Erdenkloß Adam — Gott in die Nase blies. Die gläubigen Bibelkundigen und christlichen Philosophen der vor- und nachchristlichen Zeit haben sich über diese Menschwerdung in verschiedenen Deutungen geäußert. Die Einen verstanden in dem „Odem", der von Gott eingeblasen wird, das Leben oder die Lebenskraft schlechtweg; die Anderen verstanden darunter den unsterblichen Geist, wodurch der Mensch als gottähnliches Geschöpf vor allen anderen Thieren ausgezeichnet sei und der daher — weil unsterblich — zu Gott zurückkehren könne. Wieder Andere deuteten jenen Odem als Gesammtheit dessen, was man thierisches oder leibliches Leben und als Geisteskraft des Menschen bezeichnet.

Die unfruchtbarsten Dispute haben in theologischen Kreisen stattgefunden, bis man sich schließlich dahin verstand, die dreierlei Lebewesen unseres Planeten folgendermaßen aufzufassen:

1. Die Pflanzen stehen auf der untersten Stufe des Lebens: sie entbehren einer freiwilligen Bewegung und haben bloß vegetatives Leben, sind ohne Verstand und ohne Vernunft.

2. Die Thiere haben überdies einen Willen, eine Bewegungsfähigkeit, einen mehr oder weniger deutlich wahrnehmbaren Verstand. Zum vegetativen Leben gesellt sich also im Thiere noch ein weiteres Prinzip: das animalische Leben.

3. Beim Menschen kommt zum vegetativen und animalischen Leben als Drittes und Höchstes der Gesammterscheinung: die von Gott stammende Vernunft, der unsterbliche Geist, der fähig ist, sich alle Dinge auf Erden und unter dem Himmel dienstbar zu machen.

Diese Klassifikation der Lebewesen in drei Abtheilungen von Organismen war die Frucht einer Verquickung orientalischer Träumereien mit griechischer Philosophie. Fast die ganze Christenheit des Abendlandes gab sich mit dieser Auffassung zufrieden. Dichter und Philosophen aller Zeiten nach Platon und Aristoteles paßten ihre Ideen dieser Auffassung an. Selbst Künstler verherrlichten das Märchen von der Schöpfung des Menschen als eines Ausnahmewesens, als einer übernatürlichen Kreatur in genialen Bildern, die heute noch unsere Bewunderung herausfordern. Es sei hier an das bekannte Bild Michel-Angelos von der Erschaffung Adams erinnert, wo Gott der Herr den bildschönen Adam nur an der Fingerspitze berührte, auf daß das Leben wie ein elektrischer Funke in dessen Gliedmassen fahre.

Die Macht der christlichen Kirche hat durch lange Jahrhunderte verhindert, daß irgend eine wesentlich abweichende Auffassung des Lebens der Pflanzen, Thiere und des Menschen Raum gewinnen konnte. Wer anders dachte, mußte schweigen oder wurde als Ketzer verfolgt. Der gewöhnliche Bürger befaßte sich allerdings nur ausnahmsweise mit der Frage über das Leben bei den Thieren und Pflanzen. Diese Organismen waren ja — so lehrt die Bibel und lehrten die Kirchenväter — nur um der Menschen Willen da; Pflanzen und Thiere galten auch gemeiniglich als unbeseelt. Die katholische Kirche lehrt auch heute noch, daß das Thier keine Seele, kein Bewußtsein und kein Gemüth habe.* Darin waren im großen

---

* Daraus erklärt sich die peinliche Erscheinung, daß die meisten katholischen Völker keinen Sinn für Thierschutz haben: In Italien ist die Thierquälerei eine so weitverbreitete Allgemeinerscheinung, daß der germanisch kultivirte Mensch, wenn er den Süden besucht, sich empört davon abwenden muß. Der große Menschen- und Thierfreund Friedr. Theodor Vischer hat mit gutem Grund darauf hingewiesen, daß die Herzlosigkeit des Menschen gegenüber den Thieren mit der steigenden Kultur abnimmt und daß die römische Geistlichkeit schuld daran ist, wenn allgemein der Mensch als katholischer Christ ganz thierisch gegen Thiere wüthet. Man werfe uns nicht vor, daß wir als geborener Protestant hier den leidenschaftlichen Kulturkämpfer herauskehren: wir sind weder Protestant noch Katholik, wir sind einfach Mensch, und wenn wir eines Tages zum konfessionellen Christenthum zurückkehrten, so würden wir trotz der dort üblichen Thierquälerei — zum Katholizismus übertreten aus ganz guten Gründen. Darüber an anderer Stelle gelegentlich ein Wort.

Haufen des Volkes Alle einig: der Mensch sei von allen lebenden Wesen allein mit einem unsterblichen Geist ausgestattet, der beim Tode seines Leibes diesen letzteren als unsichtbares, gewichtsloses, unstoffliches Wesen verlasse, um im Fegfeuer erst geläutert oder aber direkte ins himmlische oder höllische Jenseits versetzt zu werden. So ward dem Volke gelehrt. So wird heute noch dem Volke gelehrt und von allerlei Volk geglaubt.

Und diesem Glauben haben die meisten Denker aller christlichen Jahrhunderte, selbst wenn sie im Innern ganz anders dachten, in aller Loyalität Konzessionen gemacht. Noch jetzt — in unseren Tagen sind die meisten gemeinverständlichen Bücher über das leibliche und geistige Wesen des Menschen, über Gesundheitspflege und Seelendiätetik, fast alle Bücher über die Bestimmung des Menschen von jenem Dualismus durchsäuert, der da als selbstverständlich voraussetzt, es sei der Mensch ein Doppelwesen mit sterblichem Leib und mit unsterblicher Seele, die sich vom Leibe abspalten, befreien könne und ein individuelles, ein persönliches Weiterleben in alle Ewigkeit fortzusetzen vermöge

Anders lehrt uns aber die Wissenschaft. Sie beweist die Einheit des Lebens bei Pflanzen, bei Thieren und Menschen. Sind die einen Lebewesen unsterblich, so sind es auch alle anderen; entbehren die Einen der unsterblichen Seele, so haben auch die Anderen kein ewiges Leben.

III.

Die Baustoffe des lebendigen Leibes.

Die wissenschaftliche Erkenntniß ist zur Umwerthung aller Dinge und Begriffe vorgeschritten: die Materie, bislang verachtet, ist zu Ehren gekommen, die „ewige Idee" Platons — früher als Einzigseiendes und Höchstes vergöttert — ist dem sehenden Auge als ein Hirngespinnst ins Nichts zerflossen. Die „Todsünde" des Unglaubens ward zur Verheißung des Lebens. Esset vom Baume der Erkenntniß und ihr werdet leben! Die organischen Elemente — zwölf bis vierzehn an der Zahl — als Baustoffe des lebendigen Leibes. Der Mensch hat vor dem Thiere auch kein einziges Element voraus; sein Leib ist aus denselben Stoffen gebildet, wie der Leib des Thieres und der Pflanze und seine Bausteine sind ähnlicher Art, sind mikroskopische Zellen, wie die Elementarorganismen, aus denen sich der Leib des Thieres zusammensetzt. Der Kohlenstoff als wichtigstes Element im Haushalt des Lebens. Sein Kreislauf in der organischen und in der unorganischen Natur. Die atmosphärische Luft als Generaldepot des kreislaufenden Kohlenstoffes. Der Wasserstoff und sein Antheil am Leben der Organismen. Der Sauerstoff — „die Lebensluft" — als Grundbedingung des Athmens aller lebenden Wesen. Der Stickstoff als charakteristischer Bestandtheil der lebenden Substanz, des Plasmas. Schwefel, Phosphor, Chlor, Calcium, Kalium, Natrium, Magnesium, Eisen, Fluor und Silicium im Kreislauf des Lebens. Die Auswahl dieser vierzehn Elemente aus den siebzig Grundstoffen ist keine zufällige: das Leben bedient sich zu seinem Unterhalt aus leicht ersichtlichen Gründen nicht der schwersten, sondern der leichtesten Stoffe. Alle Dinge geschehen nach natürlichen Gründen, die einzig in den Kräften und Eigenschaften der Materie zu suchen sind.

Alles Leben ist nur Bewegung der kraftbegabten
Materie, des Stoffes.
Ohne Materie, ohne Stoff kein Leben!

So ist das Verachtete — der Staub, an das Licht gezogen und durch die wissenschaftliche Erkenntniß zum allmächtigen Herrscher der Welt geworden.

Man hat die Materie, den Stoff, die wirklich existirende Substanz, aus welcher alle Dinge bestehen, durch zwei Jahrtausende verachtet, als ein Nebensächliches, Grobes, Rohes unter die Füße eines Phantomes gesetzt. Die ewige Idee Platons, das Hirngespinnst eines schönheitstrunkenen Träumers, ein unfaßbar leerer Begriff, ein Nichts, ward von irrenden Gedanken des Menschen vergöttert und der Erkenntnißdrang des Menschen von der Welt der Wirklichkeit abgelenkt auf das Nichtwirkliche, Nichtseiende, dem man aber in Umkehrung aller Vernunft einzig und allein wahrhaftige Wesenheit andichtete.

Das ist nun anders geworden.

Durch die wissenschaftliche Erkenntniß hat eine Umwerthung aller Dinge und aller Begriffe stattgefunden: was man bislang für Nichts oder nur für einen Schein und schlechten Schatten hielt, das ist zum Etwas, ist zum All geworden.

Und was man für das Einzig-Seiende, für den Grund und die Ursache aller scheinbar-seienden Dinge hielt, das hat sich in ein Nichts aufgelöst.

Die Wissenschaft hat die Materie geadelt und hat der denkenden Menschheit den Weg zur Glückseligkeit gezeigt, der da ist ein Pfad für die Schauenden, nicht für die Glaubenden

Was ehedem eine Todsünde gewesen, das ist umgewerthet worden zu einer Verheißung des Lebens.

Man sagte uns Jahrtausende hindurch: „Eure Alten haben vom Baum der Erkenntniß gegessen, das war Sünde; darum sind sie gestorben."

Nun sagen wir: „Unsere Alten haben vom Baum der Unkenntniß, das ist des irrenden Glaubens und tödtlicher Unwissenheit gegessen; darum sind sie gestorben."

Und die Wissenschaft sagt heute: „Esset vom Baume der Erkenntniß, das wird Eure größte Tugend — das Gegentheil der Todsünde — sein. Erforschet die Gesetze der Natur und Ihr werdet leben!"

Die Gesetze der Natur aber sind die Bewegungsgesetze der Materie. Die Gesetze des Lebens sind die Gesetze der Bewegungen in den lebenden Naturkörpern. Wenn wir diese Gesetze kennen, so werden wir darnach handeln, wenn uns von Außen Gefahr droht: wir werden in hundert Fällen der Gefahr begegnen und werden leben bleiben, wo hundert Andere in der Unwissenheit zu Grunde gehen.

Das ist die Umkehrung der Drohung: „Esset nicht vom Baume der Erkenntniß, sonst werdet Ihr des Todes sterben", in die Verheißung: „Forschet in den Gesetzen der Natur bei Tag und bei Nacht; speiset Euren Geist mit der Erkenntniß vom Baume des Lebens: und Ihr werdet sein wie die Bäume an den Wassern gepflanzt, die Frucht bringen zu ihrer Zeit. Alles, was Ihr thun werdet, wird Euch wohlgelingen!"

Bekannt ist jedem gebildeten Menschen, daß unsere Erde ein Kind der Sonne und daher aus denselben Stoffen zusammengesetzt ist, die auch in der Sonne vorhanden sind. Die Chemie hat bis

jetzt zirka siebenzig sogenannte Elemente oder Urstoffe nachgewiesen, die mit den bisher bekannten Hilfsmitteln der Naturwissenschaft nicht weiter zerlegt werden können, daher als einfache Stoffe angesehen werden im Gegensatz zu den zusammengesetzten Stoffen, die aus zwei, drei, vier bis mehreren Elementen bestehen.

Die chemische Untersuchung der lebenden Pflanzen- und Thierkörper hat eine große, fast unübersehbare Zahl verschiedenartiger chemischer Verbindungen zu Tage gefördert, die — nach Tausenden zählend — trotz ihrer Verschiedenheit im chemischen und physikalischen Verhalten — nur aus verhältnißmäßig wenigen chemischen Elementen, nur aus zwölf bis vierzehn Grundstoffen bestehen.

Man kann diese Grundstoffe, weil sie allein und zwar zumeist nothwendigerweise die Baustoffe für den lebendigen Leib der Pflanze, des Thieres und des Menschen abgeben, die organischen Elemente nennen; es sind folgende: Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel, Phosphor, Calcium, Magnesium, Kalium, Natrium, Eisen, Chlor, Fluor, Silicium.

Wie wir sehen, fehlen in dieser Reihe organischer Elemente verschiedene wohlbekannte Grundstoffe, wie zum Beispiel die Edelmetalle: Gold, Silber, Platin und Quecksilber, dann der charakteristische Bestandtheil des Arseniks, das Arsen, ferner das Blei, das Kupfer, der Nickel, das Zinn und das Zink. Einige dieser letztgenannten Stoffe erscheinen in diversen Verbindungen sogar als solche, die das Leben der Organismen als Gifte beeinträchtigen oder dasselbe völlig unmöglich machen, wenn sie in einen lebenden Körper eingeführt werden.

Von den vierzehn organischen Elementen sind einige wenige, welche im lebenden Körper nach Masse und Bewegung eine Hauptrolle spielen, die daher für jeden Organismus geradezu Existenzbedingungen sind, so der Kohlenstoff, der Sauerstoff, der Wasserstoff, der Stickstoff, der Schwefel und der Phosphor, welche die Hauptmasse des lebendigen Protoplasmas bilden, das keinem lebenden Organismus fehlt und das materielle Substrat des Lebens im engeren Sinne darstellt.

Andererseits sind unter jenen vierzehn Elementen einige, die nicht in allen Lebewesen vorkommen, also für das Gedeihen vieler Organismen entbehrlich erscheinen, so zum Beispiel Silicium und Fluor.

Der lebendige Leib des Menschen beherbergt kein einziges Element, welches nicht auch anderen Organismen zukommt. Dem Stoffe nach ist er ein Thier, wie irgend ein anderes Wirbelthier, und den Kräften nach, die in seinem Leibe wirken, ist er absolut nicht verschieden von anderen höheren Thieren. Er hat vor anderen lebenden Naturwesen gar nichts spezifisch Menschliches voraus; denn auch seine Geisteskräfte sind der Anlage nach im Reiche der übrigen Thiere schon enthalten. Nur dem Grade der Ausbildung nach, nicht nach den Wesenheiten seiner Substanzen und seiner Kräfte ist der Mensch von den übrigen Lebewesen der Natur verschieden.

Alle höheren Pflanzen und Thiere, mit Einschluß des Menschen, bestehen nämlich aus vielen Elementarorganismen, deren jeder ein mehr oder weniger selbständiges Leben führt. Diese Elementarorganismen wurden erst im laufenden Jahrhundert entdeckt und erhielten den Namen „**Zelle**" von der Aehnlichkeit der Form, welche in manchen Organen diese Elementarorganismen mit der Bienenzelle gemeinsam haben.

Es entwickelt sich jeder einzelne Mensch aus primitivsten Anfängen, aus eiweißartigen Substanzen, wie jedes andere Thier und wie sich die Pflanze aus solchen Anfängen entwickelt. Er beginnt sein Dasein mit einer einzigen Zelle, die sich als befruchtete Eizelle alsbald in zwei, vier, acht, sechzehn u. s. w. theilt und nach und nach Hunderttausende und Millionen Zellen bildet, aus denen sich sein Leib aufbaut ganz ähnlich, wie sich diese Entwicklungsvorgänge auch in der vielzelligen Pflanze und im vielzelligen höheren Thiere abspielen.

Nun hat die mikroskopische Forschung dieses neunzehnten Jahrhunderts gezeigt, daß Pflanzen- und Thierzellen in den wesentlichsten Bestandtheilen übereinstimmen.

Wir finden in den lebendigen Pflanzenzellen dieselben chemischen Elemente, dieselben chemischen und physikalischen Kräfte, wie in den lebendigen Thierzellen und in den Millionen Zellen, die den Leib des Menschen aufbauen. Aber nicht in jeder Zelle der höheren Thiere und Pflanzen finden alle Lebensvorgänge statt. Da, wo ein Lebewesen verschiedene Organe mit verschiedenen Funktionen besitzt, da übernehmen die einen Zellen des lebendigen Leibes diese Aufgabe, die anderen Zellen dagegen jene Arbeit, wie in einem Staate die einen Bürger diese Arbeit, die anderen Bürger

eine andere Arbeit leisten, indeß doch alle Bürger darin übereinstimmen, daß sie Menschen sind, daß sie essen und trinken, arbeiten und sich fortpflanzen.

Nur in den Haupteigenschaften stimmen alle lebendigen Zellen überein, wie wir in einem folgenden Abschnitt zeigen werden.

An dieser Stelle ist vorab hervorzuheben, daß eben jene organischen Elemente, welche den Leib des Menschen, des Thieres und der Pflanzen zusammensetzen, dieselben Grundstoffe sind, daß aber nicht nothwendig alle jene vierzehn chemischen Elemente in jeder einzelnen Zelle vorhanden sein müssen, noch wirklich in allen Einzelzellen vorhanden sind.

Ja, in einer und derselben Zelle des lebendigen Leibes wechselt nicht nur die Zahl, sondern auch die Gruppirung der Grundstoffe fortwährend, so daß wir in einem gewissen Lebensstadium der Einzelzelle oft dieses oder jenes chemische Element vorfinden, das früher oder später, vorher oder nachher nicht angetroffen wird. Das Leben der Einzelzelle besteht aus einer Reihe von Bewegungen und Veränderungen, bei denen von Außen her neue Substanzen aufgenommen und gleichzeitig andere Substanzen nach Außen abgeschieden werden. Wir sagen: alles Leben ist mit Stoffumsatz, mit Stoffwechsel verbunden.

Sehen wir zu, in welcher Gestalt die vierzehn organischen Elemente in der Natur vorhanden sind und welche Rolle sie beim Aufbau der lebenden Zelle spielen!

1. **Der Kohlenstoff,** Carbonium, C.

Von allen siebzig Elementen, welche bis jetzt auf unserem Planeten als nicht weiter zerlegbare Grundstoffe entdeckt wurden, spielt der Kohlenstoff im Leben der Pflanzen und Thiere die Hauptrolle; er bildet den wichtigsten Bestandtheil all jener zahlreichen verschiedenen Substanzen, welche im lebenden Protoplasma aus einfacheren Substanzen durch die Synthese gebildet werden. Bekanntlich findet sich der Kohlenstoff in der sogenannten todten Natur an der Erdoberfläche oder unter der Erde als Diamant und Graphit in verhältnißmäßig geringer Masse, in mächtigen Lagern oder Flötzen als Anthracit, Steinkohle, Braunkohle und Torf vor. Diese Lager oder Flötze sind eigentlich nichts Anderes als die Leichenfelder längst abgestorbener Pflanzen, in welchen der Kohlenstoff durch die leuchtende Kraft der Sonne vor ungezählten Jahrtausenden

angesammelt und in Gestalt verschiedener chemischer Verbindungen deponirt wurde.

Die größte Menge des irdischen Kohlenstoffes findet sich aber in Gestalt von Kohlensäure, also in gasartigem Zustande frei in der Atmosphäre oder gelöst im Wasser der Quellen, Bäche, Flüsse, Tümpel, Seen und Meere, dann aber auch als Kohlensäure gebunden an sogenannte Basen, zumeist an Kalk und Magnesia. Marmor und Kreide sind kohlensaurer Kalk; ganze Gebirge bestehen fast ausschließlich aus kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Magnesia. Der wandernde Geologe erkennt schon aus der Form der Kalk- und Dolomitgebirge die charakteristischen Gesteinsmassen, an denen die Kohlensäure so mächtigen Antheil hat. Im Erdöl (Petroleum) und im Asphalt erscheint der Kohlenstoff mit dem Wasserstoff vereinigt zu öl- und pechartigen Substanzen.

Fast absolut reinen Kohlenstoff erhalten wir bei der Darstellung des bekannten Kienrußes. Nach dem gegenwärtigen Stand der Wissenschaft scheint es fast sicher zu sein, daß aller Kohlenstoff an unserer Erdoberfläche und in unserer Erdatmosphäre entweder Kohlensäure ist oder aber Kohlensäure gewesen ist.

Bekanntlich entsteht die gasförmige Kohlensäure beim Verbrennen von Kohle und kohlehaltigen Substanzen, bei der alkoholischen Gährung zuckerhaltiger Säfte, beim Athmen aller lebenden Organismen, wie wir in dem Kapitel über den Athmungsprozeß zeigen werden, sodann beim Faulen und Modern von Thier- und Pflanzenleichen. Dabei sehen wir stets den Kohlenstoff sich innig verbinden mit Sauerstoff, und zwar in einem gesetzmäßigen Verhältniß, daß je 1 Atom Kohlenstoff (C) mit 2 Atomen Sauerstoff zu 1 Molekül Kohlensäure vereinigt wird, welchen Vorgang der Chemiker folgendermaßen in eine Gleichung bringt:

$$\underbrace{C}_{\substack{\text{1 Atom}\\ \text{Kohlenstoff}}} + \underbrace{2\,O}_{\substack{\text{2 Atome}\\ \text{Sauerstoff}}} = \underbrace{CO_2}_{\substack{\text{1 Molekül Kohlensäure}\\ \text{oder Kohlendioxyd}}}$$

Diese chemische Verbindung, eben diese farblose gasartige Kohlensäure, ist eine so innige, feste und beständige, daß sie sich nur unter Anwendung starker Hilfsmittel chemischer oder physikalischer Natur, z. B. beim Erhitzen bis auf 1300 Grad Celsius, und auch dann nur theilweise zersetzen läßt. In der freien Natur wird aber die atmosphärische Kohlensäure annähernd in gleichem Maße, wie sie beim Athmen der Thiere und Pflanzen erzeugt wird, an

anderer Stelle auch wieder zerlegt in ihre beiden Bestandtheile: Kohlenstoff und Sauerstoff. Diese Zerlegung der Kohlensäure findet, wie wir weiter unten einläßlicher zeigen werden, durch das grün gefärbte Protoplasma statt, welches in gewissen Zellen der grünen Laubblätter und grüner Stengeltheile unter der Einwirkung des Sonnenlichtes jene hochwichtige Arbeit leistet, durch welche für die lebenden Organismen der in der Atmosphäre todt und nutzlos liegende Kohlenstoff von der Kohlensäure abgespalten und zurückgewonnen wird für den Aufbau der Pflanzen- und Thierleiber.

Der Kohlenstoff erscheint im lebendigen Pflanzenleib nicht als freie Kohle, sondern in Gestalt verschiedenartiger, zum Theil sehr komplizirter Verbindungen, gebunden zumeist an die Elementarstoffe des Wassers, nämlich Wasserstoff und Sauerstoff. Stärkemehl, Rohrzucker, Traubenzucker, Zellhautstoff (Cellulose) und Gummi sind häufig vorkommende chemische Verbindungen aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. In noch viel komplizirteren Verbindungen des Kohlenstoffes finden sich oft vier, fünf oder noch mehr chemische Elemente vereinigt und zwar in den mannigfaltigsten Gruppirungen derart, daß heute noch lange nicht alle möglichen chemischen Verbindungen des Kohlenstoffes bekannt sind, obgleich die Chemie deren schon viele Tausende untersucht hat.

Beim Zerfall der todten Pflanzen- und Thierleiber kehrt der Kohlenstoff aus den komplizirten Verbindungen zuletzt immer wieder in die unorganische Form der gasartigen Kohlensäure zurück. Beim gegenwärtigen Stand der Verhältnisse auf unserem Planeten kann und muß man wohl von einem regelrechten, scheinbar vernünftig geordneten Kreislauf des Kohlenstoffes in der Natur reden. Die atmosphärische Luft und die sämmtlichen Gewässer der Erde erscheinen als Generaldepot des als Kohlensäure zur Verfügung gestellten Kohlenstoffes der ganzen Lebewelt. Aus diesem Generaldepot fließt fortwährend ein beträchtlicher Theil der gasförmigen Kohlensäure in die grünen Plasmakörper der lebenden **Pflanzenwelt** ab, woselbst die Kohlensäure durch die Kraft des Sonnenlichtes zerlegt wird in freien Sauerstoff, der in die Atmosphäre zurückgeht, und in Kohlenstoff, der vom lebendigen Plasma mit anderen Grundstoffen, mit Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff u. s. w. zur Bildung sogenannter organischer Substanzen verwendet wird, zur Bildung von Stärkemehl, Zucker, Cellulose, Inulin, Eiweißsubstanzen, fetten Oelen u. dergl. Aus den solcherart vor-

gebildeten organischen Substanzen des Pflanzenreiches bezieht das **Thierreich** seinen Kohlenstoffbedarf zur Ernährung, Kraftleistung und Vermehrung. Durch den Athmungsprozeß der Pflanzen und der Thiere, der in beiden Organismenreichen im Wesentlichen derselbe chemische Vorgang ist, ferner durch das Faulen und Vermodern der fortwährend absterbenden Pflanzen- und Thierleiber wird fortwährend und ununterbrochen ein Strom von Kohlensäure immer wieder ins Generaldepot, in die irdische Atmosphäre und in die Gewässer zurückgeführt.

So lange sich diese Vorgänge, Abfließen und Wiederzufließen, Verbrauch und Wiedererzeugung der Kohlensäure das Gleichgewicht halten, so lange wird selbstverständlich der Kohlensäuregehalt unserer Erdhülle derselbe bleiben und so lange ist keine Gefahr vorhanden, daß der Kreislauf des Lebens aus Mangel an seiner Hauptnahrung, d. h. aus Mangel an Kohlenstoff aufhören werde. Manche Gründe sprechen allerdings für die Wahrscheinlichkeit, daß der Kohlensäuregehalt der atmosphärischen Luft langsam — im Verlauf von Jahrmillionen — abgenommen hat und wohl auch weiterhin abnehmen wird. Daraus ergiebt sich unschwer der Schluß, daß in ferner, sehr ferner Zukunft ein solcher Mangel an Kohlensäure eintreten kann, der das aktive Leben auf der Erdoberfläche unmöglich macht. Diese Aussicht wird uns nicht ängstigen, sondern uns unentwegt in dem Bestreben erhalten, die dem Menschengeschlecht zukommenden Jahrmillionen seines Daseins nach Möglichkeit zu glückseligen zu gestalten.

2. **Der Wasserstoff**, Hydrogenium, H.

Der Wasserstoff ist das leichteste aller chemischen Elemente, in reinem Zustande bei gewöhnlicher Temperatur gasförmig und farblos. In der Natur findet er sich frei, also nicht an andere Stoffe gebunden nur in ganz geringen Mengen vor. Dagegen bildet er bekanntlich den charakteristischen Bestandtheil des Wassers, das aus einer chemischen Verbindung von je 2 Atomen Wasserstoff und 1 Atom Sauerstoff besteht und an unserer Erdoberfläche: in den Weltmeeren, Strömen, Seen, Tümpeln und Bächen die massigste Substanz unter allen unorganischen Körpern darstellt. Die atmosphärische Luft enthält bekanntlich fortwährend ebenfalls Wasser in Gestalt von Dampf und Wolken; nebst diesem kommt aber Wasserstoff auch in Gestalt von Ammoniak, als chemische Verbindung von

je 1 Atom Stickstoff mit 3 Atomen Wasserstoff in der atmosphärischen Luft vor, freilich nur in geringen Mengen.

In Gestalt von Wasser bildet der Wasserstoff einen Hauptbestandtheil aller lebenden Naturkörper. Wo Wasser fehlt, da fehlt alles Leben. Alle festen Körper, welche den lebendigen Leib der Pflanze aufbauen helfen, müssen erst im Wasser gelöst sein, ehe sie vom Protoplasma als Nahrungsmittel aufgenommen werden. Im Chemismus des lebendigen Leibes ist also das Wasser von der größten Bedeutung. Daraus erklärt sich, wie es kam, daß der altgriechische Philosoph Thales auf die Idee gerathen konnte, es entspringen alle Dinge, also auch alle lebenden Wesen, der Feuchtigkeit, dem Wasser. Aber der Wasserstoff tritt auch als solcher in chemische Verbindungen mit anderen Elementen ein und bildet mit diesen letzteren zusammen verschiedenartige, zum Theil flüssige, zum Theil feste organische Substanzen, welche den Leib der Pflanzen und Thiere aufbauen und unterhalten helfen; so finden wir Wasserstoff als chemischen Bestandtheil im lebenden Plasma, in den Stärkemehlkörnern, in den verschiedenen Zuckerarten, in den Oelen und Fettsubstanzen und in einer Unzahl anderer zum Theil sehr komplizirt gebauter chemischer Verbindungen des Pflanzen- und Thierkörpers. Die Form, unter welcher der Wasserstoff aus dem Reiche der unorganischen Natur dem lebenden Organismus als Nahrungsstoff dargeboten wird, ist in der Mehrzahl der Fälle eben Wasser, in anderen Fällen Ammoniak.

Bei der Zersetzung organischer Körper in lebenden Organismen und beim Zerfall der Pflanzen- und Thierleichen gehen durch Zerlegung der komplizirten chemischen Verbindungen, in denen Wasserstoff als Baubestandtheil vorhanden ist, einfachere Wasserstoffverbindungen hervor, die zuletzt wieder in Gestalt von Wasser und Ammoniak aus dem Kreislauf des Lebens zurückkehren in das Generaldepot der unorganischen Natur.

Der Kreislauf des Wasserstoffes ist also ähnlich demjenigen des Kohlenstoffes ein stets wiederkehrender, in sich selbst zurücklaufender: Die Gestalt, unter welcher er an das Reich des Lebens herantritt, ist dieselbe, unter welcher er aus demselben Reich des Lebens wieder in die sogenannte todte Körperwelt zurückkehrt.

Von den Zuckerarten kann man wörtlich sagen: „Ihr seid geworden aus Wasser und Kohlensäure; ihr werdet wieder Wasser und Kohlensäure sein.“

Das ist das typische Schicksal für zahllose organische Substanzen des Pflanzen- und Thierleibes.

3. **Der Sauerstoff,** Oxygenium, O.

Der Sauerstoff heißt auch Lebensluft, weil er in allen Lebewesen, in den Pflanzen sowohl als in den Thieren die Athmung unterhält. Da der Athmungsprozeß zu den allerwichtigsten Lebensvorgängen gehört, ohne welchen keine Pflanze und kein Thier auf die Dauer bestehen kann, so ist der Sauerstoff eine der ersten Lebensbedingungen zu nennen. In freiem, ungebundenem Zustand findet er sich als gasartiger farbloser Körper in der atmosphärischen Luft, von deren Gesammtgewicht er etwa den vierten Theil ausmacht. An den Wasserstoff gebunden, bildet er das Wasser der unorganischen Natur in allen drei Aggregatzuständen: die tropfbarflüssige Masse des Meeres, der Seen, Bäche, Flüsse und Ströme; die feste Masse des Schnees und des Eises; die gasförmige Masse des Wasserdampfes der feuchten atmosphärischen Luft. Von diesen ungeheuren Massen repräsentirt das Gewicht des theilnehmenden Sauerstoffs nicht weniger als acht Neuntel; 9 Kilos chemisch reines Wasser sind also nichts Anderes als 8 Kilos Sauerstoff, chemisch gebunden an nur 1 Kilo Wasserstoff.

Aber auch von der festen Erdrinde bildet der Sauerstoff einen wesentlichen Bestandtheil; man schätzt seinen Antheil an den festen Substanzen der Erdrinde auf die Hälfte des Gesammtgewichtes. Fast alle anderen chemischen Elemente sind im Naturzustande an Sauerstoff gebunden.

Weil das Wasser in allen lebenden Naturkörpern vorhanden sein muß und oft mehr als drei Viertel des Gesammtgewichtes der Pflanze und des Thieres ausmacht, so bildet der Sauerstoff selbstverständlich auch einen wesentlichen Bestand- und Gewichtstheil der lebenden Pflanzen- und Thierwelt.

Die Pflanzenwelt nimmt den Sauerstoff als Baumaterial zumeist nur in Form von Kohlensäure und Wasser auf. Im nachfolgenden Kapitel von der Assimilation wird gezeigt werden, daß unter dem Einfluß des Sonnenlichtes in allen grünen Pflanzenzellen das lebendige Protoplasma aus Kohlensäure und Wasser chemische Verbindungen komplizirterer Zusammensetzung schafft, welche Sauerstoff in geringerer Menge enthalten, als die beiden rohen Nahrungsstoffe, aus denen sie gebildet werden. Bei diesem

Assimilationsvorgang wird also noch ein bedeutender Theil von Sauerstoff in Freiheit gesetzt und an die atmosphärische Luft abgegeben, indeß ein anderer Theil des im Wasser und in der Kohlensäure enthaltenen Sauerstoffes zu jenen chemischen Verbindungen verwendet wird, die als Zucker, Inulin, Stärkemehl, Cellulose, Eiweißstoffe und dergleichen den festen Leib der lebendigen Pflanze darstellen und zumeist die wesentliche Nahrung auch für die Thierwelt abgeben.

So lange aber eine Pflanze oder ein Thier aktiv lebt, so lange wird durch Athmung immer wieder ein Theil der organischen Substanzen des lebendigen Leibes dadurch zerstört, daß der freie Sauerstoff sich mit einem Theil des Kohlenstoffes jener organischen Substanzen zu Kohlensäure verbindet, die wieder in die atmosphärische Luft zurückkehrt.

Die Thierwelt lebt auf Kosten der organischen Substanzen des Pflanzenreiches; sie verbraucht fortwährend große Massen freien atmosphärischen Sauerstoffes und bildet fortwährend beim Athmen und nachher während des Zerfalles ihrer Leichname große Mengen von Kohlensäure und Wasser, welche in das große Generaldepot der unorganischen Natur zurückkehren.

Wir sehen also auch hier wieder denselben Kreislauf: in derselben Form, unter welcher der Sauerstoff als Nahrungsmittel in den lebendigen Leib der Pflanzenwelt eintritt, nämlich als Kohlensäure und Wasser: in derselben Form kehrt er beim Athmen aller Lebewesen und beim Zerfall der Leichen wieder in die unorganische Natur zurück.

Wir werden in den Kapiteln über Assimilation und über Athmung noch näher auf diesen Kreislauf der drei vornehmsten organischen Elemente (Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff) eintreten, da zu zeigen ist, daß alles Leben auf unserem Planeten dereinst — nach Jahrmillionen — im natürlichen Gange der Entwicklung unseres Himmelskörpers ein Ende nehmen muß, weil eines Tages das eine oder das andere jener drei Elemente nicht mehr in genügender Masse zur Disposition stehen wird, um weiterhin organisches Leben zu ermöglichen.

4. **Der Stickstoff**, Nitrogenium, N.

Der Stickstoff ist ein farbloses und geruchloses Gas, welches zu den anderen Grundstoffen nur eine geringe chemische Verwandt-

schaft hat und daher seiner größten Masse nach in freiem Zustand verblieben ist. Er bildet bekanntlich vier Fünftel der atmosphärischen Luft; fehlt das andere, letzte Fünftel, nämlich der Sauerstoff, so ersticken die Thiere und die meisten Pflanzen in kürzester Zeit, woher der Name Stickstoff seine Ableitung hat.

Eine verhältnißmäßig kleine Menge von Stickstoff findet sich an andere Elemente gebunden auch in der freien Natur und zwar in Gestalt von Ammoniak, salpetriger Säure und Salpetersäure.

Die große Masse des in der Atmosphäre enthaltenen freien Stickstoffes ist beinahe ganz vom Kreislauf des Lebens ausgeschlossen. Während alle Organismen, Pflanzen, Thiere und Menschen fortwährend von einem Meer freien Stickstoffes umgeben sind, sterben doch täglich unzählige Lebewesen am Stickstoffmangel. Der thierische und menschliche Körper athmet jeden Augenblick Stickstoff ein und aus, aber er ist nicht im Stande, diesen freien Stickstoff zu assimiliren, das heißt in Substanzen zu verwandeln, die am Aufbau des lebendigen Leibes theilnehmen und im Stoffumsatz nutzbringend mitwirken könnten. Alle stickstoffhaltigen Substanzen des lebendigen Thierleibes stammen von organischen, stickstoffhaltigen Substanzen des Pflanzenreiches her. Im Pflanzenreich wird also die stickstoffhaltige Nahrung für das Thierreich vorgebildet und auch die meisten Pflanzen decken ihren Stickstoffbedarf nicht durch den freien, in der Atmosphäre zur Disposition stehenden Stickstoff, sondern durch die Ammoniak- und Salpeterverbindungen, in welchen der Stickstoff an andere Elemente gebunden erscheint. Sicher ist bis jetzt nur von einigen Spaltpilzen nachgewiesen, daß sie ihren Stickstoffbedarf aus dem Depot des freien atmosphärischen Stickstoffes decken.

Die überwiegende Hauptmasse aller der verschiedenartigen Stickstoffverbindungen, welche in den lebenden Körpern der Pflanzen und Thiere aufgespeichert sind, rührt in Ansehung ihres Stickstoffgehaltes somit von den in der Natur nur in geringen Mengen vorkommenden Ammoniak- und Salpetersäure-Verbindungen her.

Nun beträgt der Ammoniakgehalt der atmosphärischen Luft nur zirka 1 bis 3 Zehnmillionstel des Gewichtes der letzteren. Frisch gefallenes Regenwasser enthält etwa 6 bis 33 Zehnmillionstel seines Gewichtes Ammoniak, Thauwasser 16 bis 62 Zehnmillionstel Gewichtstheile Ammoniak. — Sonach ist es fast erstaunlich, daß

unsere Erdoberfläche trotz dieser geringen Mengen gebundenen Stickstoffes einen fast unerschöpflichen Reichthum an Pflanzen und Thieren beherbergt.

Im Pflanzenkörper enthalten die Plasmasubstanzen und die in vielen Samen enthaltenen Proteïnkörner beträchtliche Mengen von Stickstoff. Dasselbe gilt vom lebendigen Plasma des Thierleibes; alle Hirn- und Nervenzellen, alle Blutkörperchen, alle Eizellen und alle männlichen Fortpflanzungszellen (Samenkörperchen, Spermatozoiden) enthalten als integrirenden Bestandtheil Stickstoff.

Fehlt dem lebenden Organismus die genügende Stickstoffzufuhr, so geht er zu Grunde, selbst wenn alle anderen Nährstoffe im Ueberfluß vorhanden und alle übrigen Existenzbedingungen vollkommen erfüllt wären. Der in der lebenden Pflanzen- und Thierwelt in komplizirten Verbindungen vorhandene Stickstoff kehrt beim Zerfall jener komplizirten Stickstoffverbindungen wieder in die unorganische Natur zurück und zwar zumeist in Gestalt von Ammoniak oder in Gestalt von chemischen Körpern, aus denen beim weiteren Zerfall wieder Ammoniak gebildet wird, wie dies beim Harnstoff der Fall ist.

Die im Vorhergehenden besprochenen vier ersten organischen Elemente kommen beim Kreislauf des Lebens stets aus der atmosphärischen Luft und kehren nach vollendetem Kreislauf wieder dorthin zurück.

Anders verhält es sich mit den zehn übrigen, hier noch zu besprechenden Elementen der Pflanzen- und Thierwelt, die durch die Pflanzenwelt dem Erdboden entnommen und in den Kreislauf des Lebens einbezogen werden.

5. **Der Schwefel,** Sulphur, S.

Für das Leben der Thiere und Pflanzen sind verhältnißmäßig nur geringe Mengen Schwefels nothwendig; aber dieses Element bildet einen nothwendigen Bestandtheil der eiweißartigen Substanzen, aus denen ja der lebendige Protoplasmaleib einer jeden Zelle aufgebaut ist. Der Schwefelgehalt des lebendigen Protoplasmas ist noch keineswegs sicher ermittelt und scheint in den verschiedenen Plasmen der Pflanzen- und Thierwelt sehr zu schwanken. Im Eiweißmolekül ist Schwefel von 0,3 bis zu 2,4 Prozent des Gewichtes vertreten. Schwefel kommt übrigens auch außerhalb des lebenden Protoplasmas in vielen Pflanzen gebunden vor unter der Form von

schwefelsaurem Kalk und schwefelsaurer Magnesia. Die Thierwelt deckt ihren Schwefelbedarf hauptsächlich durch die eiweißartigen Substanzen, die sie aus dem Pflanzenreich bezieht. — Beim Stoffwechsel der lebenden Organismen und beim Zerfall ihrer Leichname gehen die organischen Schwefelverbindungen in einfachere Spaltungsprodukte über, die in Gestalt von Schwefelwasserstoff — dem bekannten nach faulen Eiern stinkenden Gas — und in Gestalt von schwefelsauren Salzen wieder in die unorganische Natur zurückkehren.

6. **Der Phosphor,** P.

Der Phosphor ist in geringen Mengen über die ganze Erde verbreitet und zwar als Phosphorsäure gebunden an Alkalien und alkalische Erden. In den Pflanzen sind ebenfalls nur geringe Mengen von Phosphorsäure vorhanden und zwar in Gestalt eines integrirenden Bestandtheiles sehr komplizirter chemischer Verbindungen, des Lecithins und verschiedener Nucleïne, welche Substanzen keiner lebenden Zelle fehlen dürften. Der Phosphor tritt als phosphorsaures Salz zunächst in den Kreislauf der lebenden Pflanze ein; aus Nährstoffen pflanzlichen Ursprungs deckt die Thierwelt ihren Phosphorbedarf, der ja bekanntlich bei den Knochenthieren ein ganz beträchtlicher ist, weil das ganze Knochengerüste zum großen Theil aus phosphorsaurem Kalk aufgebaut ist und das Gehirn ansehnliche Mengen Phosphorsäure enthält.

Nirgends so auffällig als wie beim Phosphor zeigt sich die Abhängigkeit der Thierwelt vom Pflanzenleben und nirgends so drastisch und unästhetisch, für schwache, sentimentale Gemüthsmenschen sogar grauenerregend, erweist sich bei der Phosphorsäure der Austritt aus dem Kreislauf des Lebens durchaus identisch mit der Form des Eintritts: der größte Feldherr, der tiefsinnigste Denker, der genialste Dichter und Künstler — sie erstatten der Natur in einem Häufchen modernder Knochen jenen Tribut an Phosphorsäure zurück, den die lebendige Natur zur rechten Zeit der Pflanzenwelt übergab, auf daß Denkerhirne und Feldherrnknochen wachsen und sich entwickeln konnten.

Erde — Knochenerde — kehrt wieder zur Erde! Zwischen Eintritt und Austritt liegen die Schicksale ungezählter Pflanzen- und Thierzellen und das Schicksal eines ganzen Menschen.

Die Geschichte eines solchen kreislaufenden Phosphor-Atoms! wer sie kennte, müßte der größte Lyriker, der gewaltigste Dramatiker sein, wollte er die würdige Form der Darstellung finden.

7 Chlor, Cl.

Chlor, jenes Element, welches mit dem metallischen Natrium verbunden Kochsalz bildet, kommt in sehr geringen Mengen in allen Pflanzen, in beträchtlichen Mengen aber namentlich in den Wirbelthieren vor und zwar nur gebunden, vorwiegend mit Kalium und Natrium zusammen. Im freien Zustand wirkt es lebenzerstörend; es tritt auch nicht in chemische Verbindung mit jenen Substanzen von komplizirtem Bau, welche die hauptsächlichsten Träger der Lebenserscheinungen darstellen. Dagegen finden wir ganz ansehnliche Mengen von Chlornatrium (Kochsalz) gelöst im Blut der höheren Thiere (beim Menschen ca. 12 Gramm). Im Magensafte derselben Thiere findet sich Chlor verbunden mit Wasserstoff als freie Salzsäure, welche 2½ bis 4 pro Mille Gewichtstheile des Magensaftes ausmacht und diesen letzteren befähigt, alle Fäulnißpilze, die mit den Speisen in den Magen kommen, zu tödten oder wenigstens zu lähmen, so daß durch diese Salzsäure jede Art von Fäulniß im Magen lebendiger Thiere verhindert wird.

8. Calcium, Ca.

Calcium, das im Kalk vorhandene Metall, findet sich in der unorganischen Natur nicht als freies, sondern stets als gebundenes Element. So wird es auch von der Pflanzenwelt als Kalksalz in den Kreislauf des Lebens eingeführt. Aehnlich verhält es sich mit den drei folgenden Elementen:

9. Kalium, K,

dem metallischen Element des Kalisalpeters,

10. Natrium, Na,

dem metallischen Element des Kochsalzes,

11. Magnesium, Mg,

einem der beiden metallischen Elemente des Dolomites, welche in der unorganischen Natur als Salze sehr verbreitet sind und von der Pflanzenwelt auch als Salze in den Kreislauf des Lebens eingeführt werden. Mit den komplizirteren organischen Substanzen des Pflanzen- und Thierleibes gehen diese letzgenannten vier Grundstoffe nur lockere, das heißt leicht wieder zerfallende Verbindungen ein. Die Thierwelt deckt ihren Bedarf an diesen Stoffen durch die Auf-

nahme pflanzlicher Nahrung. Nur der Mensch und unter den höheren Wirbelthieren die ausschließlichen Grasfresser haben die Gewohnheit, Natrium in Gestalt von Kochsalz (Chlornatrium) direkt aus der unorganischen Natur aufzunehmen.

12. **Eisen,** Ferrum, Fe.

Das Eisen kommt — allerdings nur in sehr geringer Menge — überall im Pflanzenreich dort vor, wo grünes Plasma gebildet wird, also in allen grünen Pflanzentheilen; je grüner das Laubblatt oder der Sproß, desto mehr Eisen enthält das betreffende Organ. Seine physiologische Rolle ist noch nicht genügend aufgehellt. Wir wissen nur, daß bei eintretendem Mangel an Eisen die sonst grünen Pflanzentheile gelb werden, aber innerhalb weniger Stunden wieder ergrünen, wenn Eisensalze in der Nahrung dargeboten werden. Im rothen Blut der höheren Thiere findet sich ebenfalls Eisen, und zwar gebunden in einer der komplizirtesten organischen Substanzen, in dem rothen Farbstoff des Blutes, im Hämoglobin, wo es als sauerstoffübertragendes Element eine höchst wichtige physiologische Rolle spielt.

Da Eisen in Verbindung mit Sauerstoff als Oxydul und als Oxyd über die ganze Erde verbreitet ist, so fehlt es den Pflanzen im freien Naturzustande nie an diesem Grundstoff. Die Thierwelt deckt ihren Eisenbedarf durch Aufnahme von Eisenverbindungen aus der Pflanzenwelt.

13. **Fluor,** Fl.

Fluor wurde in geringen Mengen bei einigen Thieren sowohl wie bei verschiedenen Pflanzen unzweifelhaft nachgewiesen. Bekanntlich enthalten die Knochen und Zähne aller Säugethiere (mit Einschluß des Menschen) nachweisbare Mengen von Fluor. Ob auch die anderen Thiere, ob überhaupt alle Organismen geringer Spuren von Fluor zu ihrem Leben bedürfen, ist noch nicht ermittelt, weil die einschlägigen Untersuchungen mit sehr großen Schwierigkeiten verbunden sind.

14. **Silicium,** Si.

Das Silicium ist das charakteristische Element der Kieselsäure und als Bestandtheil der Silicate eines der verbreitetsten irdischen Elemente. Weil es zum Sauerstoff eine sehr große chemische Affinität besitzt, so findet es sich in freier Natur niemals als

reines Element vor, sondern stets gebunden an andere Elemente. Die höheren Pflanzen nehmen Silicium nur in Gestalt von Kieselsäure auf und zwar in sehr verschiedenen, keineswegs gesetzmäßigen Mengen. Reich an Kieselsäure sind namentlich die Schachtelhalme, manche Halbgräser und echte Gräser, deren kieselhaltige Zellhäute sehr hart erscheinen. Eine ganze Gruppe einzelliger, mikroskopischer Algen — die Diatomeen — lagert in die Zellhäute so viel Kieselsäure ab, daß ihre Leichname ein Skelett zurücklassen, welches Jahrtausende lang der Zerstörung widersteht.

Wahrscheinlich kommt der Kieselsäure im Lebensprozeß der höheren Pflanzen nur eine untergeordnete Bedeutung zu.

Alle höheren Thiere scheinen der Kieselsäure zur Bildung der Haare und Federn zu bedürfen. In der Asche dieser Organe findet sich stets Kieselsäure. — Uebrigens lassen sich kleine Mengen der letzteren in jedem Organ der höheren Thiere nachweisen.

* *
*

Von einigen anderen Elementen sind geringe Mengen, die indeß ganz wohl auch fehlen können, in diversen Organismen nachgewiesen worden, so: Mangan, Aluminium (in der Asche verschiedener Bärlappgewächse), Jod und Brom in Meerpflanzen, Kupfer (im blauen Blut mancher Krustenthiere und Kopffüßler).

Man kann diese letzteren Grundstoffe mit Preyer auch als organische Elemente zweiter Ordnung bezeichnen, im Gegensatz zu den erstgenannten 14 Grundstoffen, welche im Gesammtbetrieb des Pflanzen- und Thierreiches die stoffliche Führung übernehmen und daher als organische Elemente **erster** Ordnung zu bezeichnen wären.

Nun kann man angesichts der Thatsache, daß auf unserer Erde etwa 70 verschiedene Grundstoffe existiren, die Frage aufwerfen: warum benützen die zahllosen Organismen, deren verschiedene Formen, Arten und Varietäten nach Hunderttausenden zählen, bloß 14 Elemente, indeß vier Fünftel aller Grundstoffe im Kreislauf des Lebens entweder gar keine oder nur eine untergeordnete, unbedeutende Rolle spielen?

Kein launenhaft wählender Gott hat diese Verhältnisse geschaffen. Es muß also natürliche Gründe geben, warum gerade jene 14 genannten organischen Elemente die Hauptführung übernehmen konnten. Diese natürlichen Gründe liegen in den chemischen

und physikalischen Eigenschaften jener 14 Elemente. Am auffälligsten springt dies bei der Vergleichung der Atomgewichte in die Augen. Die Chemiker haben gezeigt, daß die Atome der verschiedenen 70 Elemente ungleich schwer sind.

Das leichteste Atomgewicht besitzt der Wasserstoff; alle anderen Atome der übrigen 69 Elemente haben viel schwerere Gewichte, ein Vielfach des Wasserstoffatomgewichtes, welch letzteres man daher mit 1 bezeichnet.

Wenn wir nun die 70 bekannten Elemente nach ihren Atomgewichten ordnen, so finden wir auffallender Weise, daß die oben besprochenen 14 organischen Elemente erster Ordnung die relativ kleinsten Atomgewichte aufweisen, nämlich:

	Atomgewicht		Atomgewicht
Wasserstoff, H . . .	1	Silicium, Si	28
Kohlenstoff, C . . .	12	Phosphor, P	31
Stickstoff, N	14	Schwefel, S	32
Sauerstoff, O . . .	16	Chlor, Cl	35
Fluor, Fl	19	Kalium, K	39
Natrium, Na . . .	23	Calcium, Ca	40
Magnesium, Mg . .	24	Eisen, Fe	56

Fast alle anderen Elemente haben beträchtlich höhere Atomgewichte, so z. B. unter den bekanntesten: Silber 107, Zinn 117,5, Jod 126,5, Baryum 136,8, Platin 194,5, Gold 196, Quecksilber 199,8, Blei 206, Wismuth 207, Uran sogar 239.

Alle jene 14 organischen Elemente erster Ordnung haben nicht nur ein geringes Atomgewicht, sondern auch (mit Ausnahme des Eisens) ein geringes Eigengewicht oder sogenanntes Raumgewicht.

Wie sehr geeignet aber das geringe Eigengewicht der Substanzen für den Aufbau lebender Naturkörper erscheinen muß, leuchtet sofort ein, wenn wir versuchen wollen, uns die Menschen, Thiere und Pflanzen drei- bis fünfmal schwerer vorzustellen, als sie eben jetzt sind. Welchen Kraftaufwand brauchte die Schwalbe, der Adler, die Taube, um die Lüfte zu durchsegeln! Welche Anstrengungen für die Fische, wenn sie wegen ihres vermehrten Gewichtes fortwährend auf den Grund der Gewässer gedrückt würden! Welche Reibung bei jeder Ortsbewegung irgend eines kriechenden oder gehenden Thieres oder des Menschen, wenn der lebendige Leib mit dem Gewichte des Goldes behaftet wäre! Es wären

unnütze Träumereien, wollten wir uns in Ansehung dieser Eventualität weiter in Details vertiefen Das Leben müßte uns als Unmöglichkeit erscheinen schon allein aus Gründen der Schwere.

Das Leben ist einmal — in ferner Vergangenheit — auf unserem Planeten entstanden. Die Organismen, welche nach und nach im Verlaufe von Jahrmillionen sich entwickelten, sind eben deshalb zu der jetzigen Höhe ihrer Existenzfähigkeit gelangt, weil sie sich zum Aufbau ihres Leibes eben jener Elemente bedienten, die sie in den Stand setzten, im Kampf ums Dasein ihre Existenz und ihre Entwicklungsfähigkeit zu behalten.

Jene organischen Elemente mit ihren kleinen Atomgewichten besitzen aber auch eine hohe spezifische Wärme, die ja mit dem Atomgewicht in umgekehrter Proportionalität steht. Diese hohe spezifische Wärme kommt auch den aus jenen Elementen zusammengesetzten Verbindungen zu, welche den Körper der lebenden Pflanze und des lebenden Thieres aufbauen. Kraft jener hohen spezifischen Wärme erleiden die lebenden Körper viel weniger häufig große innere Temperaturschwankungen, als dies der Fall sein würde bei geringerer spezifischer Wärme.

Das ist aber von enormer Tragweite für die Möglichkeit irdischen Lebens, dessen Vorgänge ja nur zwischen engen Wärmegrenzen sich abspielen können.

Die Wissenschaft, emsig beflissen, die Geheimnisse des Lebens Schritt um Schritt als natürliche Kettengliederung von Ursache und Wirkung an das Tageslicht klarer Erkenntniß zu legen, steht also gegenüber den Baustoffen der Lebewesen nicht mehr vor einem ungelösten Räthsel. Sie versteht heute, wie es möglich war, daß aus der geringen Zahl von circa einem Dutzend Elementen eine Mannigfaltigkeit chemischer Substanzen hervorgehen konnte, die fast aller Beschreibung spotten würde, wenn nicht höchst einfache Gesetze dem suchenden Menschengeist als Führer dienten in die Labyrinthgänge organischer Schaffenskraft.

IV.

Das Protoplasma

als schaffende Grundlage alles Lebens in Pflanze, Thier und Mensch.

Alles Leben auf Erden hat einerlei Grundlage — das aus eiweißartigen Substanzen bestehende Protoplasma. Die Methode des naturwissenschaftlichen Fortschrittes. Brennende Tagesfragen. Alle Zweigwissenschaften stehen unter sich in gegenseitiger Wechselbeziehung. Die Fortschritte der Chemie bedingen den Fortschritt der Physiologie. Die Bedeutung des Mikroskopes für die Erforschung des Lebens. 8000 Millionen sichtbarer Lebewesen im engen Raum eines Kubikmillimeters. 32 Billionen Lebewesen im Hohlraum eines metallenen Fingerhutes. Die Dressur des Auges beim mikroskopischen Arbeiten und die Schärfung des Beobachtungsvermögens. Der Mikroskopiker sieht das Gras wachsen und er sieht die Kontagien und Miasmen. Giebt es Grenzen des Naturerkennens? Die sogenannten Welträthsel sind Kinder eines kleinmüthigen Hirnes. — Alle lebenden Wesen bestehen aus Zellen. Der wichtigste, der wesentlichste Theil der Zelle ist das Protoplasma. Uebereinstimmung in den Eigenschaften des Protoplasmas der Pflanzen- und der Thierzellen. Das Geheimniß des Lebens aller Organismen liegt im Plasma der Einzelzelle verborgen: Die Wissenschaft des Lebens ist also die Wissenschaft vom lebendigen Protoplasma. Was wir unter höheren und niedrigen Organismen zu verstehen haben. Die Abstufungen in der Organisation der jetzt lebenden Pflanzen und Thiere giebt uns Wegleitung zum Verständniß der Entwicklungsgeschichte des ganzen Pflanzen- und Thierreichs aus einfachsten Formen. Ueber die Nothwendigkeit des Studiums der einfachsten Lebewesen, um zum Verständniß der komplizirteren zu gelangen. Naturgemäß beginnen wir das Studium des Lebens nicht mit der Erforschung des Menschen, sondern mit dem Studium der Amöbe, dem aus einer einzigen Zelle bestehenden Wechselthierchen. Die Zusammensetzung des Protoplasmas und der Eiweißkörper noch nicht genau ermittelt. Die Schwierigkeiten der chemischen Untersuchung von Eiweißsubstanzen. Der Zellkern der Amöbe. Vacuolen im Protoplasma. Nahrungsaufnahme, Verdauung, Stoffwechsel, Bewegung. — Aehnlich wie diese thierischen Amöben leben die Einzelzellen mancher Schleimpilze (Myxomyceten). Beispiele. Die niedrigst organisirten Pflanzen gleichen den niedrigst organisirten Thieren wie ein Ei dem andern. Im menschlichen Leibe begegnen wir ähnlichen lebenden Amöben, die als farblose Blutkörperchen im Körper herumwandern. Thatsächlich ist der lebendige Leib eines jeden höheren Thieres, wie auch derjenige des Menschen, eine Republik, ein Staatswesen, bestehend aus unzähligen Einzelzellen, die jede ihr eigenes Leben hat. Täglich sterben in unserem Leib Tausende von Zellen, indeß gleichzeitig täglich abermals Tausende neuer Zellen gebildet werden. Am frappantesten zeigt sich die mehr oder weniger große Unabhängigkeit des Lebens der Einzelzelle im Pflanzenkörper, wo meist jeder Protoplasmaleib von einem geschlossenen Gehäuse, von der Zellwand umgeben ist. Beispiel: Bau und Lebensbethätigung einer Zelle im grünen Laubblatt. — Uebereinstimmung in den wesentlichsten Lebensvorgängen der Thier- und der Pflanzenzelle.

> Die Seele des Menschen — was ist sie? „Eine Summe von Plasmabewegungen in den Ganglienzellen." (Häckel.)
>
> Wenn irgend Etwas, das im Himmel oder auf Erden oder zwischen Himmel und Erde existirt, Anspruch auf Unsterblichkeit im Sinne unbegrenzter Fortdauer erheben kann, so ist es einzig das lebendige Plasma.

Alles Leben auf unserem Planeten hat ein **einheitliches Substrat**, einerlei stoffliche Unterlage für beide Organismenreiche, für Pflanzen und Thiere mit Einschluß des Menschen. Es ist diese einheitliche Grundlage nichts Anderes als das aus eiweißartigen

Substanzen bestehende, lebendige Protoplasma, welches keinem einzigen lebenden Wesen fehlt, ohne welches kein Organismus oder auch nur Einzeltheil des Organismus weiter leben kann.

Mit einem einfachen Plasmaklümpchen begann auf Erden vor Zeiten das Leben.

Mit dem letzten Plasmaklümpchen wird dereinst das letzte Leben auf Erden verschwinden.

Zwischen diesen beiden Geschehnissen liegt die Riesen- und Wunderwelt der organischen Entwicklung, ein ewiges Aendern und Verwandeln, ein mächtiger Strom fortwährend in sich selbst zurücklaufender, scheinbar kreisender, in Wirklichkeit aber spiralig fließender Bewegung.

Die neuzeitliche Naturforschung hat bekanntlich auf allen Gebieten wirklichen Erkennens solch' ungeahnte Erfolge zu verzeichnen, daß selbst der Gelehrte von Beruf kaum mehr im Stande ist, auch nur die Hauptresultate der verschiedenen Wissenschaftszweige je und je mit Einem Blick zu übersehen; von einer Kenntnißnahme aller Einzelresultate ist längst schon beim Fachgelehrten keine Rede mehr. Werden doch alljährlich etliche tausend Abhandlungen, Aufsätze größeren und kleineren Umfanges, sowie viele dickleibige Bücher gedruckt, welche Neu-Erforschtes und Neu-Erkanntes, Entdeckungen aller Art aus Natur und Menschenleben ans offene Tageslicht setzen. Der Einzelforscher geht in der Regel seinen eigenen Weg und dringt an einem von ihm ausgewählten Punkt in eine bisher unbekannt gebliebene oder nur mangelhaft erforschte Gegend des Forschungsgebietes ein, all seine Kraft dort einsetzend, um erkennend etwas weiter vorzudringen, als seine Vorgänger. An großen Problemen, an Hauptfragen dringender Natur arbeiten allerdings oft viele Forscher gleichzeitig, meist unabhängig von einander. Es giebt, wie in der Politik, so auch in der Wissenschaft brennende Tagesfragen, welche mehr als andere Fragen die Geister, d. h. die forschenden Arbeiter in Athem halten.

Häufig verschwinden solche brennende Tagesfragen nicht eher von der Bildfläche, als bis unsere Gesammterkenntniß wirklich wieder um jenes Maß erweitert ist, welches nach dem jeweiligen Stand der Hilfswissenschaften, der wissenschaftlichen Methoden und der wissenschaftlichen Werkzeuge erreichbar war.

Es ist leicht einzusehen, daß die Gesammtwissenschaft der Naturerkenntniß in demselben Maße wächst, wie die einzelnen Zweige

des Wissens sich ausweiten; das Wachsthum der Gesammtwissenschaft ist die Summe der Wachsthumsvorgänge aller Zweigwissenschaften.

Ebenso ist verständlich, daß die Zweigwissenschaften in ihrer Entwicklung sich gegenseitig beeinflussen und im Fortschritt bedingen. Erst als die Chemie aus einer phantastischen Träumerei, aus der Alchymie des Mittelalters sich herausentwickelte zu einer wirklichen Wissenschaft, konnte die Wissenschaft von der Ernährung und der Athmung von Pflanzen und Thieren sich rascher entwickeln; erst dann konnte die Physiologie als Lehre von den Lebensverrichtungen eine sichere Grundlage erhalten.

Diese gleiche Wissenschaft von den Lebensverrichtungen der Pflanzen und Thiere ist dann weiterhin mächtig gefördert worden durch die allmäligen Verbesserungen des Mikroskopes, das heißt jenes Instrumentes, welches den Forscher befähigt, mit seinen Augen Dinge zu sehen, von denen der schlichte Weltbürger keine Ahnung haben konnte, weil die Ausstattung seiner natürlichen Augen ihm das Sehen dieser Dinge schlechterdings nicht ermöglicht. In der That ist das Mikroskop für den Naturforscher zu einem zweiten Sehorgan oder besser noch: zu einem dritten Auge geworden. Schritt um Schritt mit dem Wachsen der physikalischen Kenntnisse und mit der Weiterentwicklung der Optik und Mechanik ist das Mikroskop innerhalb eines Jahrhunderts so verbessert worden, daß wir heute im Stande sind, noch Sonnenstäubchen zu sehen und zu messen, von denen 2000 auf der Länge eines Millimeters in einer Reihe neben einander Platz haben, d. h. kleine Körperchen, von denen 4 000 000 in der Fläche eines Quadratmillimeters, 8 000 000 000 aber in einem Kubikmillimeter, also im Raum eines kleinen Stecknadelkopfes Platz haben würden. Ein mittelgroßer Fingerhut faßt circa 4 Kubikzentimeter Wasser, hat also einen Kubikinhalt von 4000 Kubikmillimetern und würde somit nicht weniger als 4000 × 8000 Millionen, das heißt 32 Billionen jener kleinen Spaltpilzzellen fassen können, die wir einzeln noch mit dem Mikroskop wahrzunehmen vermögen.

Mit der Handhabung dieses Instrumentes ging Hand in Hand auch eine weitere Schärfung des menschlichen Sehvermögens in dem Sinne einer Dressur des leiblichen Auges. Das weiß jeder Mikroskopiker aus Erfahrung, daß er bei seiner Arbeit auch sein Auge leistungsfähiger macht. Setzt er zwei Monate mit seiner mikroskopischen Arbeit aus, so hat er beim Wiederbeginn seiner Arbeit

erst wieder während einiger Tage mit der Dressur seines Auges zu schaffen. Er sieht erst nach längerer Uebung wieder so scharf, als er früher nach langandauerndem mikroskopischen Arbeiten gesehen hat.

Nicht nur das! Der Gebrauch des Mikroskopes als eines Werkzeuges für die Ausweitung unseres Sehvermögens hat auch den Scharfsinn und die Beobachtungsgabe der forschenden Arbeiter gesteigert. Das ist ein Moment, welches nicht zu übersehen ist. Während der Mikroskopiker am Instrument sitzt, da sammelt er „still und unerschlafft im kleinsten Punkt die größte Kraft". Reicht sein Sehvermögen trotz der Zuhilfenahme des Mikroskopes nicht aus, um über irgend eine Erscheinung in der Welt des Kleinen klar zu werden, so sinnt er auf eine Methode, dem Ding dennoch beizukommen. Er strengt seinen Scharfsinn, seine Erfindungskraft, sein Kombinationsvermögen derart an, daß ihm häufig auf Umwegen dennoch gelingt, auf Fragen über die Natur des Kleinsten Antworten zu erhalten, von denen der Nichtmikroskopiker sich's gar nicht träumen ließ. Je geheimnißvoller die Welt des Kleinen ihm entgegentritt, desto mehr wird sein Scharf- und Spürsinn herausgefordert. Man kann also wohl sagen: Das Mikroskop ist in der Geschichte der menschlichen Erkenntniß nicht allein zum Rang eines neuen Auges, sondern auch zum Rang eines Lehrmeisters in geistiger Dressur gekommen. Solcher Art sind die Hilfsmittel der wissenschaftlichen Naturerkenntniß gerathen, daß wir sagen können: „Wir sehen das Gras wachsen," was gegenüber manchen Pflanzen ganz buchstäblich zu nehmen ist.

Wir sehen mit leibhaftigen Augen die greifbare Arbeit der Sonne im grünen Kleeacker.

Wir verfolgen mit unsern Instrumenten die als „Geißel Gottes" oder als gespenstische Furien gefürchteten Kontagien und Miasmen, vor denen einstmals die ganze Menschheit erzitterte. Wir sind auf dem Wege, der ansteckenden Krankheiten, der Seuchen und Pestilenzen, welche im Finstern und im Unrath schleichen, Herr zu werden.

Wir sehen und wir beweisen die Todesgefahr, die im scheinbar klaren Quellwasser als Mikrobiont ihr Wesen treibt und die da sucht, wen sie verschlinge.

Wir sehen die Boten des Todes durch die Korridorluft des Schulhauses schweben und wenn man uns zur rechten Zeit hört, so werden zur rechten Zeit die Lehrsäle und die Korridore und die Treppenhäuser geleert, auf daß dem Elternhaus die Freude verweile im lebenbleibenden Kinde.

Und das ist erst der Anfang einer jungen Wissenschaft, die kaum etliche Jahrzehnte alt! Das sind Forschungsresultate weniger Jahre!

Freilich ist der weiteren Arbeit noch viel und wird das Forschen und Weiterfragen kein Ende nehmen, so lange es denkende Menschen geben wird. Aber es ist doch verheißungsvoll, was bereits erreicht ist, und es ist ermuthigend und anspornend, was bereits erforscht ist, treibend zum Weiterschreiten und Spüren nach dem, was noch nicht sonnenklar zu Tage liegt.

Giebt es Grenzen des Naturerkennens?

Es ist seit etwa zwei Jahrzehnten bei einigen Forschern zur Mode geworden, immer wieder und wieder von Grenzen zu reden, über welche hinaus die menschliche Erkenntniß nicht gelangen könne. Zur Zeit des seligen Herrn Platon im alten Griechenland galt „die ewige Idee“ als eine Wesenheit, welcher nicht beizukommen sei. Dann kam der jüdische Jehova-Elohim als Welträthsel über den Horizont der orientalischen Traumwelt herauf und sollte er eine Schranke der menschlichen Erkenntniß sein.

Das christliche Abendland hat durch das ganze Mittelalter diese Schranke stehen gelassen, weil man es bequemer und ersprießlicher fand, nur zu glauben, nicht zu schauen und zu erkennen.

Der größte deutsche Philosoph, Emanuel Kant, setzte als unerreichbar für die menschliche Erkenntniß: das Ding an sich.

Da hatten wir doch wenigstens bloß Ein Welträthsel.

Vor zwei Jahrzehnten setzte ein deutscher Naturforscher dagegen zwei unlösbare Räthsel. Und seither sind etliche andere Forscher gekommen und haben noch mehr Welträthsel gesetzt, so daß nun bald an allen Ecken solche Pfähle stehen, über welche hinaus das menschliche Erkennen nicht soll gelangen können.

Dergleichen, vorgeblich unlösbare Welträthsel sollen sein zum Beispiel:

Das Urwesen der Materie;
Das menschliche Bewußtsein;
Das Leben als Naturerscheinung;
Die allerhinterste, allerletzte Kraft, die Weltseele;
Der unendliche Raum und die unendliche Zeit.

Da hätten wir nun — zur Freude aller Betschwestern beiderlei Geschlechts — bereits ein halbes Dutzend sogenannter unlösbarer Welträthsel. Wir könnten gleich noch ein halbes Dutzend weitere

hinzufügen, zum Beispiel ein Welträthsel wird für den Menschen bleiben: die Zahl der sämmtlichen Planeten und Trabanten aller Fixsterne des sichtbaren Himmels, ein anderes Welträthsel: die Größe und Stärke des ersten und des letzten beweglichen Lebewesens, das einstmals auf unserem lieben Monde herumkroch; weiterhin: die Frage nach dem Bewässerungs- und Drainirsystem der altgriechischen Unterwelt.

Zur Zeit Luthers war das Reich Satans und die Heimstätte der Hexen ein doppeltes Welträthsel. Heute zerbricht sich kein christgläubiger Lutheraner mehr den Kopf über das Wesen der Hexen und Gespenster. Allen Welträthseln ohne Ausnahme ist das gemein, daß sie Kinder eines kleinmüthigen Hirnes sind.

Dem forschenden Menschengeist steht es aber schlecht an, schon am Anfang seiner erfolgreichen Wanderschaft kleinmüthig Schranken zu setzen, über welche hinaus man ja gar nicht gelangen könne. Das Setzen von Schranken beengt den Geist und hemmt den Schritt. Vor etlichen hundert Jahren galt in den Alpenländern allgemein der Glaube, daß es unmöglich und gegen den Willen Gottes sei, die höchsten Spitzen unserer Berge zu besteigen. Montblanc, Jungfrau, Schreckhorn und andere Riesen galten als unnahbar und als ausschließliche Wohnstätten himmlischer und höllischer Mächte. Nun sind sie aber doch alle im Verlauf weniger Jahrzehnte von kühnen Bergsteigern erobert worden und jene erhabenen Heimstätten der Götter sind in Tummelplätze fröhlicher Menschen verwandelt. Auf die Jungfrau wird man wohl nach wenig Jahren im Eisenbahnwagen gelangen. Fort mit dem Kleinmuth!

So ist denn auch auf dem Gebiet des Wissens die große Mehrzahl der wirklichen Naturforscher über alle jene „Schranken" zur Tagesordnung geschritten. In jedem derselben wirkt die treibende Kraft der Hoffnung, daß das Unerkannte eines Tages erkannt werden wird und daß im Himmel und auf Erden nur Wesenheiten wirken, die erkennbar und begreifbar sind und daß alles Uebrige ins Reich der Fabeln und Träumereien gehört, der wissenschaftlichen Forschung also unwürdig ist.

Mit Hilfe des Mikroskopes ist es der modernen Naturwissenschaft gelungen, den Beweis zu erbringen, daß alle lebenden Naturkörper aus sogenannten Zellen bestehen. Zuerst wurden die Zellen

bei höheren Pflanzen entdeckt, wo sie zum Beispiel in der saftigen Rinde eines krautigen Stengels und im weichen Mark so vieler Stengelpflanzen scharf abgegrenzte, mit festen Wänden versehene Kammern darstellen, welche zum Beispiel im Querschnitt durch das weiße Hollundermark anscheinend wie die Zellen einer Bienenwabe neben einander liegen und meist auch regelmäßige Formen haben. Wegen der Aehnlichkeit dieser Kammern mit den Bienenzellen hat man die Bezeichnung „Zelle" für alle jene verschiedenartigen Wesenheiten gewählt, welche den Pflanzenleib aufbauen. Man fand, daß die Wurzel, der Stamm, die Aeste, die Blätter, die Blüthen und die Früchte der Pflanzen aus Zellen von sehr verschiedener Form bestehen.

Erst später erkannten die Naturforscher, daß auch der Leib des Thieres aus Zellen aufgebaut ist. Freilich fehlt in der Regel eine feste Wand als scharfe Umgrenzung der Thierzelle.

Es hat sich aber ergeben, daß die Anwesenheit oder die Abwesenheit einer Zellwand nicht das Wichtigste und Wesentlichste ist, welches dem Begriff der lebenden Zelle zukommt; sondern daß der von der Wand umgebene **Inhalt**, oder, wenn eine Wand fehlt, der frei zu Tage liegende, der nackte **Protoplasmakörper** die Hauptsache, das Wesentliche ist, was einer lebendigen Zelle zukommt.

Die Wissenschaft hat auch festgestellt, daß es in der Pflanzenwelt ebenfalls Zellen giebt, welche ganz nackte Plasmakörper, wie die gewöhnlichen Thierzellen darstellen, also einer festen Hülle in Gestalt einer Zellwand oder Zellhaut, Zellmembran entbehren. Andererseits giebt es im Thierreich ebenfalls Beispiele von Zellen mit festen Wänden, ähnlich wie im Pflanzenreich.

In den *wesentlichsten* Theilen stimmen beiderlei Zellen, die Zellen des Thierreiches wie die Zellen des Pflanzenreiches, solcher Art mit einander überein, daß wir sagen können: sie haben einerlei lebendigen Leib; sie haben einerlei Odem und einerlei Kräfte; sie entstehen auf einerlei Art, sie wachsen in ähnlicher Art; sie vermehren sich und pflanzen sich fort auf einerlei Art; sie sterben auf ähnliche Weise, wie sie in ähnlicher Weise gezeugt worden sind.

Die Wissenschaft vom Leben ist in der *Hauptsache* die *Wissenschaft von der lebendigen Zelle*. Und da der wesentlichste Theil, das einzig Lebendige an und in der Zelle nur der sogenannte *Protoplasmaleib*, der *Plasmakörper* oder *Protoplast* ist, so können wir sagen: Das Geheimniß des Lebens

aller Organismen liegt im Protoplasma der Einzelzelle verborgen und die Wissenschaft des Lebens ist oder wird sein: die Wissenschaft vom lebendigen Protoplasma.

Nun besteht das ganze Reich der belebten Naturkörper bekanntlich aus sehr verschiedenartigen Lebewesen: aus sehr komplizirt gebauten, hochentwickelten Thieren und Pflanzen, welche von den Laien oft als „vollkommenere" Lebewesen, von den Naturforschern dagegen richtiger mit dem Ausdruck „höhere Pflanzen und Thiere" bezeichnet werden; andererseits aus einfacher gebauten, niedrig organisirten Thieren und Pflanzen, welche der Laie unrichtiger Weise „unvollkommene" Lebewesen nennt, indeß der Kenner sie schlechtweg niedrige Thiere und Pflanzen nennt, wobei angedeutet ist, daß die Ausstattung der betreffenden Thiere und Pflanzen nicht eine hochkomplizirte, sondern eine einfachere, niedriger organisirte zu nennen ist.

Es können nämlich hoch organisirte, sehr komplizirt gebaute Organismen sehr unvollkommen ausgerüstet sein, so daß sie im Kampf ums Dasein untergehen müssen, trotz hoher Organisation, indeß niedrigere Thier- und Pflanzenformen mit sehr einfachem Bau den Verhältnissen gegenüber ganz vollkommen ausgerüstet erscheinen und darum den Kampf ums Dasein siegreich bestehen. Beispiel: Viele höhere Thiere und Pflanzen werden von sehr niedrigen Pilzen befallen und manche sogar durch die letzteren ausgerottet.

Es ist hier der Ort, eine hochwichtige Thatsache in den Vordergrund zu stellen: Die Lebewelt begann auf unserer Erde mit einfachsten Organismen, welche nach unseren Begriffen nicht einmal den Namen Thier oder Pflanze hätten beanspruchen können. Lange Jahrtausende — es mögen seither zwanzig, dreißig oder mehr Millionen Jahre verstrichen sein — lange Jahrtausende war alles irdische Leben auf das warme Urmeer beschränkt, welches unseren Planeten bedeckte. Mit den langsamen Wandlungen an der Erdoberfläche ging in der Folge Hand in Hand die Weiterentwicklung der Lebewelt: aus einfacheren Formen wurden durch Abänderung und Zuchtwahl im Kampf ums Dasein komplizirtere Formen, Pflanzen und Thiere von höherer Organisation gebildet. Dieser Entwicklungsprozeß der Lebewelt dauerte vom Anbeginn des Lebens an durch alle Zeitalter der Organismenreiche, also durch Jahrmillionen fort bis auf unsere Tage und er wird voraus-

sichtlich so lange fortschreiten, als die Verhältnisse auf unserem Planeten einen weiteren Fortschritt ermöglichen.

Das ist im Wesentlichsten der Hauptgedanke der Abstammungslehre, welche innerhalb der letzten sechsunddreißig Jahre den Siegeslauf durch die Gelehrtenwelt so vollständig zurückgelegt hat, daß die Wissenschaft darüber gar nicht mehr streitet, sondern die Abstammung des Höheren vom Niedrigeren, des Komplizirteren vom Einfacheren, als eine an tausend Enden bewiesene Thatsache betrachtet.

Die Schrullen einiger zurückgebliebener Sonderlinge, denen der Abstammungsgedanke wie ein Kieselstein drückend auf dem armen Herzen lastet, finden keine Beachtung mehr und die Wissenschaft schreitet auf ihrer neuen Basis ruhig zur Tagesordnung, das heißt zur weiteren Erforschung des Daseinsräthsels, dem jene anderen, schrullenbrütenden Sonderlinge flennend den Rücken gewendet haben.

In unserer gegenwärtig lebenden Organismenwelt finden sich nun unzählige Abstufungen des Baues und der Lebensweise von höheren und niederen Thieren und Pflanzen solcher Art, daß wir sagen können: bei der vergleichenden Betrachtung aller Organisationsstufen gewinnen wir ein annähernd richtiges Bild von dem Weg, den die Natur eingeschlagen hat, als sie aus einfachen Lebewesen höher organisirte und aus diesen höher organisirten Pflanzen und Thieren die höchsten hervorgehen ließ.

Es wird Jedem von uns einleuchten, daß das einfache Lebewesen viel leichter zu erforschen sein wird, als das komplizirte; denn das Einfache ist leichter zu begreifen, als das Zusammengesetzte.

Eine komplizirte Dampfmaschine ist unendlich schwerer zu verstehen, als der kleine Wasserkessel, welcher während des Kochens in Folge der Spannkraft des Dampfes abwechselnd den Deckel in die Höhe steigen und dann wieder fallen läßt.

Eine einfache Lupe ist unendlich leichter zu verstehen, als das sehr komplizirt gebaute, zusammengesetzte Mikroskop, welches nach und nach aus der Lupe konstruirt worden ist.

Der neue Jacquard-Webstuhl wird vom einzelnen Weber erst dann verstanden und gewürdigt werden, wenn dieser Weber die einfachste Webestuhlkonstruktion verstanden haben wird.

Wir werden selbstverständlich den komplizirten Bau einer höheren Pflanze oder eines höheren Thieres, das aus Tausenden

lebendiger Zellen besteht, viel schwerer verstehen, als den Bau eines Organismus, der blos aus wenigen Zellen oder gar blos aus einer einzigen Zelle besteht.

Ein naturgemäßer Fortschritt im Wissen und Erkennen ist also gewiß an die Vorausbedingung geknüpft, daß man mit dem Einfachsten beginne und mit dem Komplizirtesten aufhöre.

Das hat die Morphologie, die Wissenschaft vom Bau und von der Gestalt der Organe, schon längst eingesehen; darum ist sie zu jenen ungeahnten Resultaten gelangt, welche das unerschütterliche Fundament für die Abstammungswahrheit geworden sind. Wenn die Physiologie als Wissenschaft von den Lebensverrichtungen heute noch nicht in gleichem Maße weit gediehen ist, so liegt die Schuld wohl hauptsächlich darin, daß diese Wissenschaft lange Zeit ausschließlich von Aerzten und Medizinprofessoren betrieben wurde und sich fast ebenso ausschließlich auf die Erforschung der Lebensverrichtungen beim Menschen und andern hochorganisirten Thieren verlegt und die einfachere Organismenwelt vernachlässigt hat.

Die Physiologie war also lange Jahrhunderte hindurch fast ausschließlich damit beschäftigt, jene Lebensverrichtungen zu erforschen, welche in der denkbar komplizirtesten Lebensmaschine, im höchstorganisirten aller Lebewesen sich abspielen. Anstatt beim Studium des Einfachsten zu beginnen und in natürlicher Stufenfolge zum Komplizirteren vorzuschreiten, begann man mit dem Studium des Komplizirtesten und schreitet man erst jetzt zum Einfacheren zurück. Kein Wunder, daß man so langsam vom Flecke kam; kein Wunder, daß man im menschlichen Organismus Räthsel über Räthsel fand, daß man — in der Unmöglichkeit des Erkennenkönnens gefangen — voller Verzweiflung und Resignation zu den abenteuerlichsten Träumereien Zuflucht nahm und im Leben des Menschen ein unentwirrbares Treiben übernatürlicher Kräfte vom Schlage der „ewigen Idee" Platons vermuthete.

Erst die neuzeitliche Forschung gelangte zu der Forderung: wollen wir das Leben im komplizirtesten aller Organismen — im Menschen — verstehen lernen, nach leiblicher und geistiger Befähigung, so muß die Wissenschaft heruntersteigen zu den einfachsten aller wahrnehmbaren Organismen, also weg vom Menschen zur Amöbe!

Was ist eine Amöbe?

Das denkbar einfachste Lebewesen mit einigen Organen, welche die wesentlichen Theile einer lebendigen Zelle darstellen, ist ein mikroskopisch kleines Wesen von wechselnder Form und wechselnder Größe. Die Substanz, aus welcher dieses Wechselthierchen, die Amoeba proteus (Fig. 1) besteht, ist nichts Anderes, als ein Klümpchen farbloser, zähflüssiger, teigartiger Substanz, die reich an Wasser ist und die chemische Zusammensetzung eiweißartiger Körper

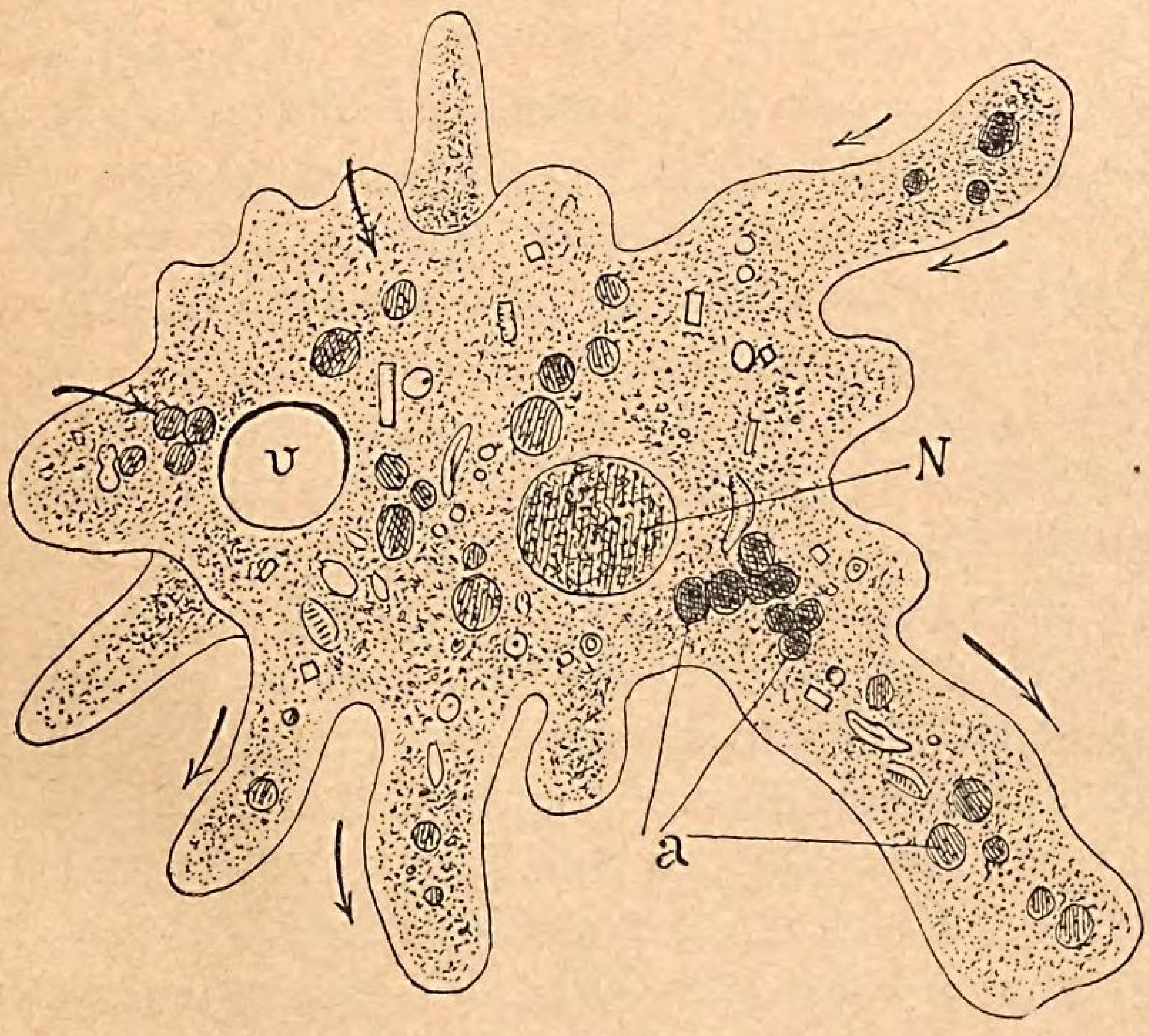


Fig. 1. Das Wechselthierchen, Amoeba proteus, stark vergrößert.

besitzt. Wahrscheinlich ist das ganze teigartige Klümpchen ein Gemenge von verschiedenen eiweißartigen Stoffen. Als lebendes Ganzes heißt dieses Klümpchen Protoplasma oder schlechtweg Plasma.

Alle lebenden Pflanzen- und Thierzellen bestehen in ihrem wesentlichsten Theile aus Protoplasma.

Alle thierischen Eier, die Eizelle des Menschen, alle Eizellen des ganzen Pflanzenreiches, sowie die männlichen Fortpflanzungszellen der beiden Reiche lebender Organismen bestehen in ihrer Hauptmasse aus Protoplasma, also aus einem Gemenge eiweißartiger Stoffe, die alle darin übereinstimmen, daß sie aus den-

selben fünf Grundstoffen zusammengesetzt sind in Gewichtsverhältnissen, die sich nicht sehr weit von einander entfernen. Doch schwanken diese Gewichtsverhältnisse in den verschiedenen Eiweißarten ungefähr folgendermaßen:

der Kohlenstoffgehalt	von	50	bis	55	Prozent	des Eiweißgewichtes.
der Wasserstoff	"	6,6	"	7,3	"	
der Stickstoff	"	15	"	19	"	
der Sauerstoff	"	19	"	24	"	
der Schwefel	"	0,3	"	2,4	"	

(Nach Bunge, Physiol. Chemie.)

Die Eiweißkörper sind nach den Untersuchungen aller Chemiker, welche sich ernstlich mit dem Bau dieser Stoffe befaßt haben, so komplizirt zusammengesetzt, daß es bis jetzt noch nicht gelungen ist, sichere Formeln für sie aufzustellen, wie es zum Beispiel für den Bau des phosphorsauren Kalkes geschehen konnte, der die Hauptmasse unseres Knochengerüstes ausmacht.

Jedenfalls treten die Atome der genannten fünf Elemente in so großer Zahl zum Eiweißmolekül zusammen, daß das Letztere circa tausend Atome, vielleicht sogar mehrere tausend Atome umfaßt. Die Meinungen gehen also in diesem Punkte noch weit auseinander. Ich gebe beispielsweise nur zwei verschiedene Formeln vom Eiweißmolekül, die keineswegs Anspruch auf absolute Sicherheit machen. Die eine Formel lautet: $C_{292}\ H_{481}\ N_{90}\ O_{83}\ S_2$ und würde also von den fünf verschiedenen Grundstoffen 292 Atome Kohlenstoff, 481 Atome Wasserstoff, 90 Atome Stickstoff, 83 Atome Sauerstoff und 2 Atome Schwefel, insgesammt also 948 Atome umfassen. Die andere Formel, welche sogar größere Wahrscheinlichkeit für sich hat, ist folgende: $C_{680}\ H_{1098}\ N_{210}\ S_2\ O_{241}$; das betreffende Eiweißmolekül würde somit 2231 Atome enthalten. Bei der staunenswerthen Genauigkeit, mit welcher die Chemie heutzutage wissenschaftlich arbeitet, mag es für den Nichtgelehrten sonderbar erscheinen, daß diese Wissenschaft gerade über den Bau der Eiweißsubstanzen, dieser wichtigsten aller Substanzen lebender Körper, noch so wenig Zuverlässiges mitzutheilen weiß.

Dagegen läßt sich Folgendes einwenden: Einmal sind alle chemischen Verbindungen von sehr komplizirtem Bau ungemein hinfällige Gebilde, die sich sehr leicht und rasch zersetzen und in einfachere Verbindungen zerfallen, also ihre Natur verändern. Das gilt in hohem Grade von den Eiweißkörpern der Lebewelt. Der

Chemiker steht also bei der Untersuchung von thierischem oder pflanzlichem Eiweiß vor einer sehr schwierigen Aufgabe; denn er findet sein Untersuchungsmaterial nirgends in der ganzen Natur in chemisch reinem Zustande vor; er findet immer nur ein Gemenge verschiedener, zum Theil sehr komplizirter Substanzen, die sich alsbald zersetzen und Umwandlungen erfahren, sobald der Chemiker die Untersuchung beginnt, weil er nur todte Substanzen auf ihre Zusammensetzung, auf ihre Eigenschaften, Gewichtsverhältnisse u. s. f. prüfen kann. Todtes Protoplasma, wie es dem Chemiker zur Verfügung steht, wird also mehr oder weniger schon verändert sein, also nicht mehr die Eigenschaften des lebenden Plasmas besitzen. Dann ist ferner zu bedenken, daß im lebendigen Protoplasma der vielen verschiedenen Lebewesen stets noch wechselnde Mengen anderer Stoffe neben den eigentlichen Eiweißsubstanzen oder auch an die Eiweißsubstanzen gebunden vorkommen, z. B. Phosphorverbindungen, gelegentlich auch Kalk- und Magnesiasalze. Man muß auch wohl annehmen, daß die Zusammensetzung des lebendigen Plasmas in den verschiedenen Lebensabschnitten der Einzelzelle, wie des Gesammtorganismus eine verschiedene ist.

Wir alle wissen, daß die genießbaren Theile eines Thierleibes sehr verschieden schmecken je nach dem Alter des betreffenden Thierindividuums. Junge, unreife Erbsen schmecken ganz anders als alte, ausgewachsene reife Erbsen. Aehnlich wechselt der Charakter des lebendigen Plasmas. Alle Organismen sind während ihres aktiven Lebens steten Veränderungen unterworfen.

Das ist ja gerade der Charakter des Lebens: die Beständigkeit der Veränderung des lebenden Körpers. Ohne Zweifel giebt es unzählig viele verschiedene Eiweißsubstanzen, vielleicht mehr verschiedene Eiweißmoleküle, als Pflanzen- und Thiergattungen, deren Zahlen doch in die Hunderttausende gehen. Die Aufgabe, alle diese möglichen und alle die wirklich in der Natur vorkommenden verschiedenen eiweißartigen Verbindungen zu erforschen, ist eine so riesengroße, daß man an der Lösung derselben verzweifeln könnte.

Kleinmüthige Leute thun dies auch und setzen da mitten in diese riesige Aufgabe hinein einen dicken Pfahl aus knorrigem Holz und kritzeln als Inschrift darauf: „Grenze des Naturerkennens!"

Aber wir leben einer anderen Zuversicht! Auf diesen oder jenen Wegen, vielleicht auf sehr dornenvollen Umwegen wird die niemals ruhende, wird die immer weiter schreitende Wissenschaft

auch das letzte Räthsel im lebenden Protoplasma derart enthüllen, daß die menschliche Vernunft sich ganz wohl damit abfinden kann und für die Tragödie des Lebens eine befriedigende Erklärung durch reines Naturgeschehen haben wird.

Kehren wir zu unserem Wechselthierchen, zur Amoeba proteus im Seewasser zurück!

Das mikroskopisch kleine Wesen ist nackt wie der arme Adam vor dem Sündenfall. Die farblose, halbflüssige, teigartige Plasmamasse zeigt unter dem Mikroskop bei ca. dreihundert- bis vierhundertfacher Vergrößerung einen scharf abgegrenzten, hellglänzenden Rand, der fortwährend seinen Umriß wechselt. Im Innern der durchscheinenden Körpersubstanz sehen wir einen ziemlich großen, fast kreisförmig umschriebenen Kern (N in Fig. 1), der ebenfalls aus eiweißartigen Substanzen besteht und Zellkern genannt wird. Er spielt offenbar im Leben und Schicksalsgang der Zelle eine Hauptrolle; wahrscheinlich ist er das Zentralorgan für alle großen Lebensaktionen der Gesammtzelle. Ganz sicher wissen wir, daß der Zellkern bei den thierischen, wie bei den pflanzlichen Zellen die Führerrolle übernimmt, wenn eine Vermehrung der Zellen stattfinden soll. Dieses Gebilde, der aus eigenartigen Plasmatheilen aufgebaute Zellkern, fehlt keiner gesunden, lebens- und fortpflanzungsfähigen Zelle der höheren Pflanzen und Thiere. Wir werden in einem späteren Abschnitte zeigen, welcher Art die Bedeutung der Zellkerne bei der geschlechtlichen wie auch bei der ungeschlechtlichen Fortpflanzung ist.

Bei v sehen wir im Innern unserer Amöbe einen kugelförmigen Hohlraum, der mit klarer, wässeriger, farbloser Flüssigkeit erfüllt ist und Vacuole genannt wird. Die Wand dieses Hohlraumes wird von dem benachbarten Protoplasma gebildet und ihre Ausdehnung ist sehr veränderlich, so daß die Vacuole zu verschiedenen Zeiten auch verschiedene Größen aufweist. Oft verschwindet sie durch Zusammenziehung vollständig und sie wird dann längere Augenblicke nicht wieder gesehen. Beim Wiedererscheinen beginnt sie als helles Pünktchen, das nach und nach größer und schließlich wieder zu einer ansehnlichen, wassererfüllten Kugel wird, die alsbald wieder verschwindet, indem anscheinend das benachbarte Plasma von allen Seiten her wieder näher zusammenrückt, um schließlich sich in der ursprünglichen Mitte der Vacuole wieder vollständig zu berühren.

Dergleichen veränderliche Vacuolen, die abwechselnd verschwinden und wiedererscheinen, finden wir bei vielen Plasmakörpern des

Thier- und des Pflanzenreiches. Namentlich im Pflanzenreich ist das lebendige Protoplasma sehr geneigt, Vacuolen zu bilden.

Weiterhin sehen wir im lebendigen Plasma unserer Amöbe verschiedene fremdartige Körper, welche von Außen her in diesen Leib aufgenommen worden sind, um als Nahrung benützt zu werden, so: kugelige oder eiförmige grüne Körper, welche als einzellige mikroskopische Pflänzchen vorher frei im Wasser lebten und nun im Innern der Amöbe zum Theil aufgelöst und verdaut werden, sodann mikroskopische gelbbraune Körperchen von Nachenform oder von halbmondförmiger oder spindelförmiger, auch stäbchenförmiger Gestalt, mit kieselharter Schale versehen, innerhalb welcher lebendige Plasmakörper vorhanden waren, die nun abgetödtet und von der Amöbe verdaut werden. Unbrauchbare Reste solcher Fremdkörper liegen da und dort zerstreut im lebendigen Plasma der Amöbe und sie werden gelegentlich nach Außen abgestoßen.

Die Amöbe nimmt also Nahrung zu sich, sie frißt. Das lebendige Plasma der Amöbe löst gewisse andere Körper auf und verdaut sie. Die Amöbe giebt nach Außen unbrauchbare Stoffe und Körper ab, sie stoffwechselt.

Diese nackten Lebewesen haben aber auch die Fähigkeit, sich von der Stelle zu bewegen; sie kriechen, wobei sie fortwährend ihre Leibesgestalt verändern. (Der Name „Amöbe" deutet auf die wechselnde Gestalt und wäre ins Deutsche zu übersetzen mit „Aenderling", „Wechselthierchen".) In Fig. 1 deuten die Pfeile an, welche Theile während eines gegebenen Augenblickes in Bewegung sind.

Oft beherbergt ein Tropfen Schlamm vom Grunde eines Süßwassersees oder vom Boden eines mit Wasserpflanzen bewachsenen Aquariums Tausende solcher Amöben. Von bloßem Auge würden sie kaum zu sehen sein. Unter dem Mikroskop dagegen können wir ihr Thun und Treiben leicht beobachten. Von allen Lebenserscheinungen dieser einfachen Organismen frappirt uns in erster Linie die Art ihrer Bewegung.

Stellen wir uns vor, daß beim ersten Blick durch das Mikroskop unser Wechselthierchen genau die Umrisse des in Fig. 1 abgebildeten Wesens besitze. Die Hauptmasse des lebendigen Protoplasmas enthält nebst den oben angeführten größeren Körpern noch eine Unmasse feiner und feinster, punktartiger Körnchen; man nennt diesen körnerführenden Hauptheil das Körnerplasma. Dasselbe

wird ringsum, auch gegen die Vacuole hin, abgegrenzt durch körnerfreies, stärker glänzendes Plasma, das man Hautplasma nennt. Nun sehen wir in der lebendigen Amöbe fortwährend Bewegung: die feinsten Körner wie auch die gröberen Einschlüsse rücken da und dort von ihren Stellen, verschieben sich und wandern — getragen oder gestoßen von einer halbflüssigen Grundsubstanz — nach verschiedenen Seiten bald auseinander, bald wieder von verschiedenen Seiten her gegen eine mittlere Partie hin, um im nächsten Augenblick wieder nach verschiedenen Richtungen auseinander zu fließen. Gleichzeitig sehen wir die Umrisse des ganzen Thierchens sich stets verändern: fingerförmige oder warzenartige Ausbuchtungen verlängern sich und fließen mit ihren äußeren Enden auf der Unterlage weiter, das nächstliegende Körnerplasma scheinbar hinter sich her schleppend. An anderen Stellen werden warzenförmige oder fingerartige Ausbuchtungen eingezogen, verschwindend in der Masse des Hauptkörpers. Wieder an anderen Stellen werden neue Warzen und Fingerfortsätze gebildet, die sich sogar verzweigen können. Fortwährend findet ein Verschieben, ein langsames Fließen und stetes Formwechseln statt ähnlich demjenigen, das wir wahrnehmen, wenn ein halbflüssiger Schlamm über eine rauhe Halde hinunterfließt oder ein unregelmäßiger Klumpen halbflüssigen Brodteiges langsam über ein wenig geneigtes Nudelbrett hinunterwandert.

Wenn die lebende Amöbe auf kleinere Lebewesen mit fester Körpermasse stößt, so umfließt ihr zähflüssiges Plasma die Fremdkörper nach und nach derart, daß diese vollständig von ihrem Plasma umspült, also in das Innere des Amöbenleibes aufgenommen erscheinen. Das ist ein Fressen ohne Mund und ohne Speiseröhre und ohne Magen und ohne Darm. Der ganze Plasmaleib ist Alles mit Einem Male. — Ungefähr so muß das Wesen und Treiben unserer eigenen Vorfahren vor Jahrmillionen gewesen sein.

Ganz ähnlich gebauten, aus einem nackten Plasmaklümpchen bestehenden Zellen, die ein selbständiges Leben führen, begegnen wir auch im Pflanzenreich. Eine formenreiche Gruppe von Pilzen führt den Namen Myxomyceten oder Schleimpilze, welche alle darin übereinstimmen, daß sie den größten Theil ihres Lebens nichts anderes darstellen, als zähflüssige, teigartige Plasmaklümpchen oder große Plasmahaufen, welche mit amöbenartiger Bewegung begabt sind und auf der feuchten Unterlage, auf moderndem Laub, oder

auf faulendem Holz, oder auf feuchter Rinde, z. B. auf und in modernder Gerberlohe herumkriechen. In ihren Jugendzuständen sind die Schleimpilze wahrhaftige Amöben, die sich durch kein anderes Merkmal von gewöhnlichen Thieramöben unterscheiden, als daß sie in weiter vorgeschrittenen Stadien Formen und Gewohnheiten annehmen, die man an Thieramöben nicht kennt.

Solcher Art sind die beiderlei Amöben ähnlich, daß man sagen könnte, die thierischen Amöben kopiren in Form, Bewegung und Ernährungsweise die Amöben des Pflanzenreiches oder umgekehrt.

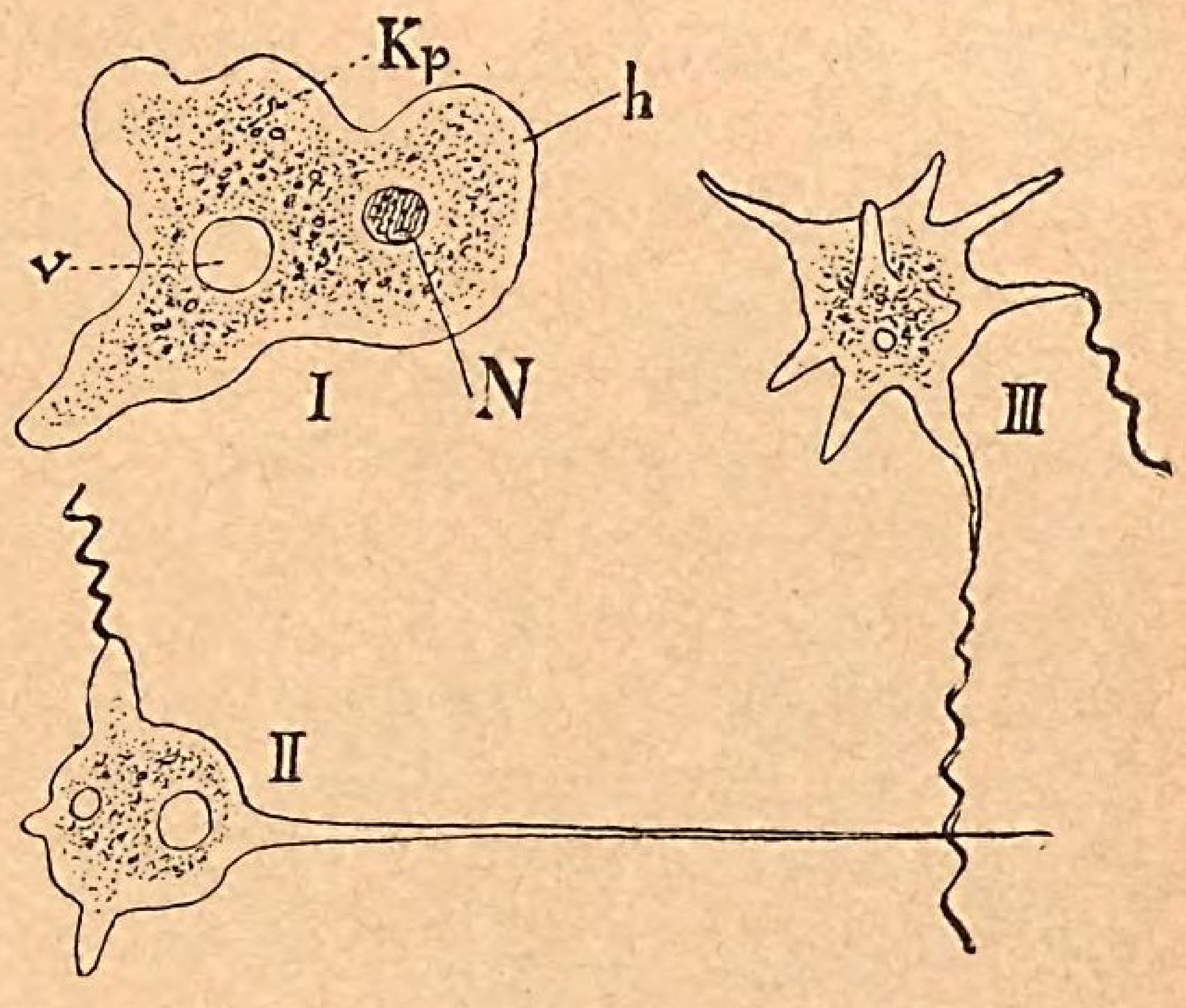


Fig 2. Pflanzliche Amöben als Jugendzustände von Schleimpilzen.
I. Gelappte Amöbe von Pseudosporidium.
II. und III. Amöben von Spirophora radiosa mit Pseudopodien, die zum Theil korkzieherartig gekrümmte Enden zeigen.
(Nach Zopf, Die Schleimpilze, pag. 13.)

Beiderlei Leiber bestehen aus farblosem beweglichem Plasma mit Zellkern und Vacuole, beiderlei Leiber bilden Ausstülpungen von wechselnder Gestalt; diese Ausstülpungen (Pseudopodien) sind bald fuß- oder armartige Gebilde, die sogar haardünn werden und bewegliche Flimmerfäden darstellen können, bald sind es zahlreiche, rasch bewegliche Wimper-Cilien.

Beiderlei Leiber kriechen oder schwimmen in gleicher Weise; sie empfinden nährende Substanzen ihrer Umgebung in anscheinend ähnlicher Weise; sie ernähren sich und sie athmen und stoffwechseln in so ähnlicher Weise, als wären es Schwestern aus derselben Mutter.

Hier unten, an der Grenze von Pflanzen- und Thierreich, sind die Lebewesen so übereinstimmend gebaut und so ähnlich in ihren Lebensäußerungen, daß wir keinen wesentlichen Unterschied mehr wahrnehmen und das Thier der Pflanze, die Pflanze dem Thier so sehr gleicht, wie ein Ei dem anderen. In Wirklichkeit dürfte die Amöbe wohl die gemeinsame Urform der Lebewesen darstellen, aus welcher in früheren Zeiten der Erdgeschichte sich die höheren Pflanzen- und Thierformen erst nachträglich und sehr langsam entwickelt haben.

Dieser Gedanke, daß einstmals, vor unberechenbaren Zeiten, auch die Vorfahren des Menschen als Amöben sich ihres träumerischen Daseins gefreut haben, hat keineswegs eine niederschlagende Wirkung und ist weit davon entfernt, uns Grauen einzuflößen vor unseren eigenen Vorfahren. Denn die Anatomie und Physiologie des Menschen lehrt uns unweigerlich, daß wir selbst Hunderttausende solcher lebender Amöben als wichtige Bestandtheile unseres höchstentwickelten Menschenleibes mit uns herumtragen. Die farblosen Blutkörperchen des Menschen, die Lymph- und Chyluskörperchen in den gleichnamigen Gefäßen unseres Leibes, die Markzellen im

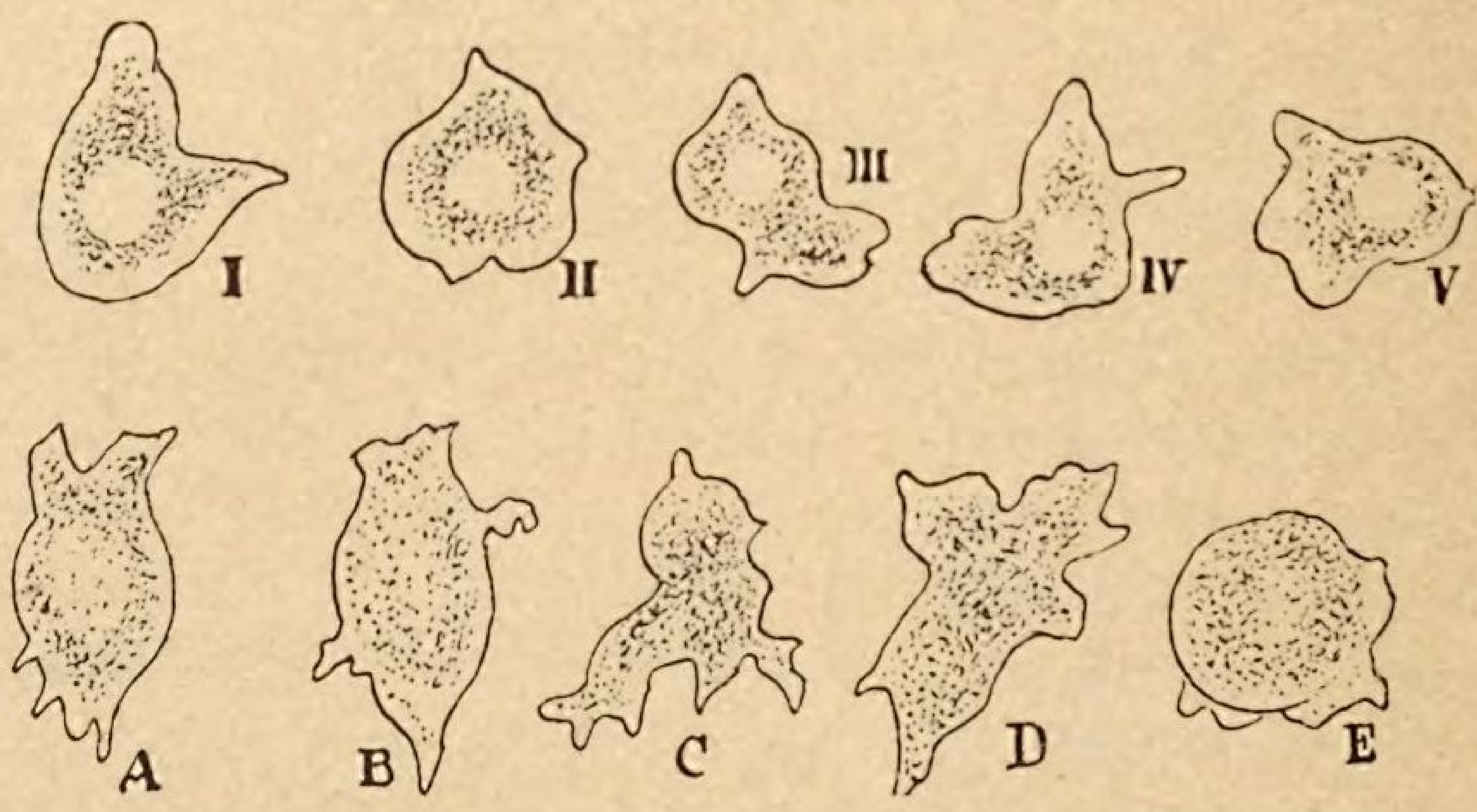


Fig. 3. I—V. Ein farbloses, mit amöbenartiger Beweglichkeit und Veränderlichkeit ausgestattetes Blutkörperchen aus Menschenblut. Die Form I verwandelte sich während einer Minute in Form II, in der folgenden Minute in Form III, in der dritten Minute in Form IV und dann während der vierten und fünften Minute in Form V.

A—E. Ein farbloses Blutkörperchen vom Frosch in den aufeinander folgenden Formveränderungen.

(Nach Thomas Huxley.)

Knochenmark — alle diese nach Millionen zählenden, mit amöbenartiger Bewegung ausgestatteten Zellen sind trotz ihrer thierähnlichen Beweglichkeit, trotz ihrer thierischen Gefräßigkeit und trotz ihrer beispiellos primitiven Ausstattung doch so hochwichtige Bestandtheile unseres menschlichen Körpers, daß wir ohne sie schlechterdings nicht leben könnten.

Bekanntlich enthält das Blut der höheren Thiere einen rothen Farbstoff, der an kleine mikroskopische Plasmakörperchen von scheibenförmiger Gestalt gebunden ist. Diese abgerundeten farbigen Scheibchen sind zu Millionen in unserem Blut vorhanden und heißen rothe Blutkörperchen; sie haben die wichtige Aufgabe, den Sauerstoff (die sog.

Lebensluft), der ihnen im freien, ungebundenen Zustand von der Umgebung dargeboten wird, an sich zu reißen und an geeigneten Orten im lebenden Körper wieder dort abzugeben, wo Sauerstoff gebraucht wird.

Nun ist eine Thatsache ganz besonders hervorzuheben: während der Mensch und mit ihm alle anderen Säugethiere zweierlei Blutkörperchen haben, nämlich größere farblose Amöben und kleinere scheibenförmige, rothgefärbte Sauerstoffträger, finden wir bei den niedriger organisirten wirbellosen Thieren nur farblose, amöbenartige Blutkörperchen. Bei den niedrigeren Wirbelthieren, welche noch Eier legen, finden wir beiderlei Blutkörperchen in solcher Ausstattung vor, daß wir annehmen müssen, es sei dieselbe eine Art Mittelstufe zwischen dem Blut der wirbellosen Thiere einerseits und der höchsten Wirbelthiere anderseits. Das Lanzett-Thierchen, das auf der niedrigsten Stufe stehende Wirbelthier der Gegenwart, besitzt noch keine rothen Blutkörperchen, sondern nur amöbenartige weiße Zellen in seinem Gefäßsystem.

Wir haben keine Ursache, aus Gründen des Abscheues oder aus Gründen vermeintlicher Vollkommenheit uns gegen die wissenschaftliche Lehre der Abstammung des Höheren vom Niedrigeren zu empören. Denn der Leib des Menschen besteht im Wesentlichen aus denselben Zellen und Zellgeweben, aus denselben Elementen, aus ähnlichen Eiweißstoffen und lebendigen Plasmen, wie der Leib irgend eines anderen Wirbelthieres. Es giebt keine einzige Form von Zellen, welche nur und ausschließlich dem Menschenleib angehörte.

Der ganze lebendige Menschenleib ist thatsächlich eine aus Millionen von lebendigen Einzelzellen aufgebaute Einheit, ein Zellenstaat, eine Republik von thierischen Zellen, deren Einzelleben zusammen jene Summe darstellen, die wir „Menschenleben" nennen.

Während wir verdauen, hat unser Wille und Bethätigungstrieb gar nichts dabei zu schaffen. Die Zellen unseres Verdauungsapparates dagegen werden der Reihe nach in volle Aktion versetzt und im Grunde genommen sind es zumeist die mit Flimmer-Cilien ausgestatteten Epithelzellen unseres Darmes, welche als „fressende" Zellen mit amöbenartiger Gier und Freßlust jene Arbeit leisten, die in der Ueberführung brauchbarer Nährstoffe aus dem Darmrohr in die Gefäßsysteme des übrigen Menschenleibes besteht. (Man vergleiche die in einem folgenden Kapitel gegebene Fig. 45.) Ja, es

steht sogar noch schlimmer mit unserem freien Willen und unserem „erhabenen“ Bethätigungstrieb: Hat unser Kau- und Schlingapparat einen Haufen von Speisen in den Magen befördert, so kommt in Folge der wachgerufenen Bethätigung der Millionen von „fressenden“ Epithelzellen des Darmtraktes ein Rückschlag auf unseren eigenen Willen zu Stande, dem wir uns kaum zu entziehen vermögen. Die in unser Gefäßsystem übergeführten Nährstoffe werden chemisch verändert, peptonisirt und dabei unser eigenes Willensorgan, das von zahllosen Gefäßen durchspülte Hirn, derart beeinflußt, daß vorübergehend unser Wille wie gelähmt erscheint. Wir sind nach einer reichen Mahlzeit faul, schläferig, Manche werden fast stupide, bis die „Freßzellen“ des Verdauungstraktes aufhören, weitere Stoffe zu verschlingen und in unsere Blutbahnen überzutragen.

Niemand kann diese Thatsachen leugnen. Wir sehen also, daß der Gesammtwille unseres lebendigen Leibes wenigstens zeitweise ein sehr zweifelhaftes Wesen ist; denn ein paar Millionen lebender Zellen unseres Leibes sind im Stande, durch ihre eigene Lebensbethätigung den im Hirn thronenden Menschenwillen lahmzulegen.

Unser Allgemeinbefinden, unser Wille, unsere Laune, unsere Arbeitslust, unsere Denk- und Glaubensfreiheit — alle diese seelischen Zustände und seelischen Lebensäußerungen sind buchstäblich nicht allein „von jedem Druck der Luft“ abhängig, sondern buchstäblich abhängig vom Befinden und von der Bethätigung einiger Millionen Zellen, deren plasmatische Bestandtheile ihr Eigenleben haben und mehr oder weniger unabhängig sind von ihrer eigenen Umgebung.

Das ist eine der folgenschwersten Entdeckungen neuerer Forschung, erkannt zu haben, daß alle höher organisirten Lebewesen in That und Wahrheit nicht E i n z e l i n d i v i d u e n, sondern **Vielheiten** mit staatlicher Ordnung und staatlicher Organisation darstellen. Der lebendige Menschenleib ist das Abbild einer einzigen großen Nation mit hoher Kultur. Der Einzelbürger oder die Einzelbürgerin zählt im Gesammtleben der Nation nur als minimer Bestandtheil; ähnlich die Einzelzelle des menschlichen Leibes, die zwar ein mehr oder weniger selbständiges Leben führt, aber nur als Elementarorganismus kleinster Ausdehnung mitzählt in der Zusammensetzung des ganzen Leibes.

Die von uns in Fig. 1 und 2 dargestellten Amöben gehören zu den **einfachsten** Thieren und Pflanzen; sie stellen ja nur ein

einziges, mikroskopisch kleines Plasmaklümpchen dar, das alle Lebensthätigkeiten verrichtet, ohne hierfür eine Menge spezieller Organe zu besitzen; es sind einzellige Wesen von primitivstem Bau. Die meisten Thiere und Pflanzen bestehen aber aus **zahlreichen** Zellen, die nach Millionen zählen und in den meisten Fällen ungleichartig gebaut und zu verschiedenen Verrichtungen geschickt sind. Man nennt daher diese vielzelligen Thiere und Pflanzen schlechtweg zusammengesetzte Organismen. Der Mensch hat sich gewöhnt, jedes Thier und jede Pflanze als von einer einheitlichen Kraft beseelt zu denken; diese einheitliche, untheilbar erscheinende Kraft nennt er „Leben“ und es soll dasselbe zu gleicher Zeit alle Organe durchdringen und gleichzeitig in allen Organen schaffen und wirken, bis es gleichzeitig aus allen Organen wieder verschwinde. Und doch konnte eine solche Auffassung nur das Produkt einer höchst oberflächlichen Betrachtung sein.

In Wirklichkeit hat jedes vielzellige Thier und jede vielzellige Pflanze ein tausendfaches Leben. Und der majestätische Waldbaum erscheint dem Pflanzenphysiologen als ein Riesenstaat mit ebenso vielen Einzelindividuen, als der Mikroskopiker Einzelzellen als Bestandtheile des Baumes unterscheiden kann. Millionen dieser Zellen sind schon todt, so z. B die Zellen des Markes im Hauptstamm, die meisten Zellen des jahrzehntealten Holzkörpers im Stamm- und Astgerüste und die trockenen Rindenzellen, von denen die oberflächlich liegenden an Wind und Wetter, in Frost und Hitze fortwährend zertrümmert werden. Einzig jene Zellen sind noch lebendig, in denen das Protoplasma noch vorhanden und aktionsfähig ist.

Aehnlich verhält es sich mit dem lebenden Thierkörper, der aus unzähligen lebendigen und todten Einzelzellen besteht, der jederzeit eine Menge abgestorbener Zellen aus- oder abstößt, indeß gleichzeitig eine Menge anderer Zellen seines Leibes neue Zellen hervorbringen. Unser eigener Leib wird buchstäblich jeden Tag zerstört und gleichzeitig wieder erneuert: er ist zu gleicher Zeit Geburtsstätte und Sterbekammer.

Je intensiver das Gesammtleben des Einzelmenschen, des Einzelthieres und der Einzelpflanze, desto intensiver die Sterblichkeit und der Vernichtungsprozeß in den Reihen der zahllosen Zellen, die den Gesammtleib zusammensetzen.

„La vie c'est la mort." Das Leben ist fortwährendes Sterben der Zellen.*

Die mehr oder weniger große Unabhängigkeit des Lebens der Einzelzellen, welche den ganzen Leib einer höheren Pflanze oder eines höheren Thieres zusammensetzen, ergiebt sich am leichtesten aus der Betrachtung irgend einer lebenden, in voller Thätigkeit stehenden Pflanzenzelle, wie wir sie zu Hunderttausenden z. B. im grünen Laubblatt einer höheren Pflanze antreffen. Auch hier ist der wesentlichste, der wichtigste Theil der Zelle nichts Anderes, als der sogenannte Protoplasmakörper, jene zähflüssige, teigartige Masse eiweißartiger Substanzen, aus der auch die Hauptmasse der thierischen Amöbe besteht.

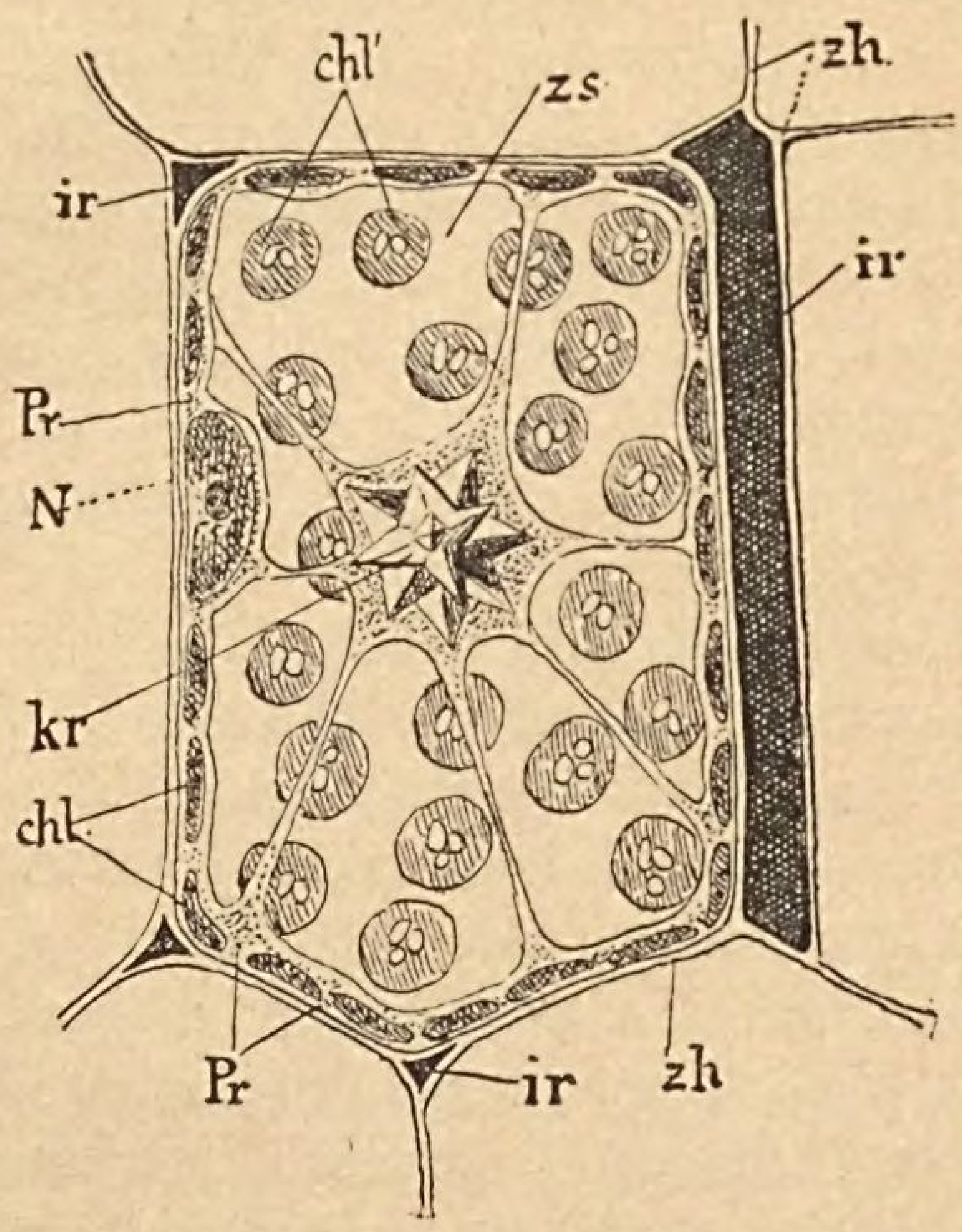


Fig. 4. Eine lebendige Pflanzenzelle aus dem grünen Laubblatt.

zh Zellhaut, Pr lebendiges Wandplasma, chl Chlorophyllkörner von der Schmalseite gesehen, chl[1] Chlorophyllkörner von der Breitseite, N Zellkern, ir luftführende Zwischenzellräume, kr Krystalldruse.

Die nebenstehende Fig. 4 giebt uns das typische Bild einer solchen Pflanzenzelle, welche ein kammerartiges Gehäuse darstellt. Glashelle, durchsichtige Wände zh, zh bilden in ihrer Gesammtheit die sogenannte Zellhaut oder Zellmembran, welche von Außen

---

* An dieser Stelle sei eines verdienten Buches erwähnt, das in geistvoller Art die Aufgabe zu lösen sucht, unser Wissen von der lebendigen Zelle nutzbar zu verwenden für die menschliche Gesundheitspflege: Die menschliche Zelle, Grundzüge ihres Daseins und ihrer Gesundheitspflege — Zellular-Biologie und Zellular-Hygiene von Dr. med. Carl Francke. Leipzig, Verlag von Georg Thieme, 1891. — Es ist keine Frage: Die Volksgesundheitspflege der Zukunft wird ihren Ausbau nur vollenden können auf dem breiten Fundament der Zellenlehre. Jeder denkende Mensch der Zukunft wird unterrichtet sein über das Wesen und den Werth der Zellen, die seinen gesunden oder kranken Leib aufbauen.

her Wasser und Gase, diverse Flüssigkeiten und verschiedene Luftarten mit Leichtigkeit durchtreten läßt in das Innere der Kammer, wo der lebendige Protoplasmakörper alle Verrichtungen des Lebens ausübt, wie das nackte Plasma der in Fig. 1 und 2 dargestellten Amöben. Dieser lebendige Protoplasmakörper Pr, Pr erscheint hier seiner Hauptmasse nach als eine mehr oder weniger dünne Tapete, welche der Innenseite der Zellhaut zh dicht anliegt und im Wesentlichen aus ähnlichen Substanzen besteht, wie der Protoplasmaleib der Amöben. In dieser Plasmatapete liegen zahlreiche grüngefärbte linsenförmige Körner vom Umriß einer Taschenuhr: es sind dies die grünen Chlorophyllkörner, die wir hier an den Seitenwänden nur von der Schmalseite (chl, chl), an der hinteren Wand dagegen, die parallel zur Bildfläche verläuft, von der Breitseite (chl[1], chl[1]) sehen. Diese grünen Körner bestehen in ihrer Grundmasse ebenfalls aus Protoplasma; sie haben aber die Fähigkeit, bei Tag — also unter dem Einfluß des Lichtes — aus Wasser und Kohlensäure komplizirtere Substanzen, z. B. Zucker und Stärkemehl zu bilden, welchen Vorgang man die Assimilation nennt. Bei N sehen wir einen größeren, der Plasmatapete eingebetteten Körper von der Schmalseite; es ist der sogenannte Zellkern, das Zentralorgan der Zelle, das ebenfalls aus protoplasmatischen Substanzen besteht. Mitten in der Zelle sehen wir — von einer dünnen Plasmaschicht umgeben und an Plasmafäden aufgehängt — eine sternförmige Gruppe spitzer Krystalle kr, die aus kleesaurem Kalk bestehen und eine für das weitere Zellenleben unbrauchbar gewordene, im Stoffwechsel des Plasmas entstandene todte Substanz darstellen. Der ganze übrige Innenraum der Zelle ist von einer wässerigen, farblosen Flüssigkeit erfüllt, die man schlechtweg Zellsaft oder Vacuolenflüssigkeit nennt. Diese ganze Zelle ist ringsum von anderen Zellen umgeben, welche nur durch die glashellen, wasserdurchlassenden Zellhäute von ihr getrennt sind. Da und dort, an den Ecken und Kanten der Zelle sehen wir die Zellhaut gespalten und in dem Spaltenraum Luft, welche unter dem Mikroskop bei durchfallendem Licht schwarz berandet erscheint. Man nennt solche lufterfüllte Spaltenräume einfach Zwischenzellräume. Rechts sehen wir einen solchen Zwischenzellraum ir als ziemlich breiten Kanal die ganze Längsseite der zwei benachbarten Zellen einnehmen. Im lebendigen grünen Laubblatt finden sich Tausende solcher lufterfüllter Zwischenzellräume, die miteinander in Verbindung stehen und ein komplizirtes System

lufterfüllter Gänge darstellen. An unzähligen Stellen der Blattunterseite stehen dieselben lufterfüllten Zwischenzellräume durch die sogenannten Spaltöffnungen mit der äußeren atmosphärischen Luft in Verbindung.

Zahlreiche röhrenartige Zellen führen aus dem Stengel der Pflanze durch den Blattstiel hinauf in die verschiedenen grünen Theile des Laubblattes fortwährend Wasser und mit dem Wasser aus der feuchten Erde aufgenommene gelöste Mineralsubstanzen. Die einzelne Laubblattzelle, wie wir sie in Fig. 4 abgebildet haben, wird also von Außen her nicht sowohl von Luft umspült, als auch mit dem nöthigen Wasser versehen.

Das ist im Wesentlichen der Aufbau und die Ausstattung einer lebendigen, grünen Pflanzenzelle. Obgleich nun jedes größere Laubblatt aus Millionen solcher und anders gestalteter Zellen besteht und alle diese vielen Zellen in verschiedenartigen Verrichtungen zusammen eine gemeinsame Arbeit leisten, von welcher das Gesammtleben des Baumes abhängt, so besitzt doch jede Einzelzelle ihr mehr oder weniger selbständiges Eigenleben: einzelne dieser beisammen liegenden Zellen können krank werden und absterben, ohne daß die benachbarten Zellen dabei Schaden leiden. Man kann mit Nadeln oder Messern einzelne Zellen oder Zellengruppen zerstören, ohne daß die anderen Zellen beeinflußt werden. Fressende Raupen, zerstörende Pilze oder schwere Hagelkörner vernichten gar oft einzelne Laubblattzellen, ohne daß das lebendige Blatt dabei großen Schaden erleidet.

Bekanntlich können ganze Blätter erkranken, gelb werden und absterben, ohne daß die ganze Pflanze stark darunter leidet.

Hier, im Pflanzenreich, sind die Einzelzellen im Allgemeinen viel selbständiger, als bei den höheren Thieren, wo eine derbe schützende Haut nicht jede einzelne Zelle umgiebt, wie dies bei den höheren Pflanzen der Fall ist.

An anderer Stelle werde ich zeigen, welcher Art die hauptsächlichsten Lebensverrichtungen einer grünen Laubblattzelle sind. Hier muß ich mich darauf beschränken, in aller Kürze das hervorzuheben, was das Leben einer solchen Laubblattzelle charakterisirt; es ist Folgendes:

1. Das Einziglebendige in der Pflanzenzelle ist der aus verschiedenen Theilen bestehende Plasmakörper. Die feste, meist durchsichtige Zellhaut selbst ist nicht lebendig, sondern ein Abscheidungs-

produkt des Plasmas. Die Zellhaut dient hauptsächlich zur mechanischen Verfestigung und Versteifung der Pflanzenorgane; sie hat aber zugleich die Eigenschaft, gewisse Flüssigkeiten und Gase von Außen her in die Zelle und aus dem Innern der Zelle nach Außen durchzulassen. Dadurch ermöglicht sie den Stoffwechsel, die Ernährung und die Athmung.

2. Der lebendige Protoplasmakörper der Pflanzenzelle lebt ganz ähnlich wie der plasmatische Leib einer Amöbe. Die Amöbe kriecht in zähflüssiger Beweglichkeit auf der Unterlage, auf dem Boden, Schlamm, auf modernden Pflanzenresten; das lebendige Plasma der Laubblattzelle zeigt nicht selten ganz ähnliche Beweglichkeit; seine Unterlage, auf welcher es dicht anliegt, ist die von ihm selbst abgeschiedene feste Zellhaut, durch welche flüssige und gasförmige Stoffe von Außen her aufgenommen oder nach Außen abgegeben werden können. Die feste Zellhaut, wie sie den meisten Pflanzenzellen zukommt, macht diese Letzteren allerdings zu mehr oder weniger starren, unbeweglichen Körpern. Aber im Innern der starren, scheinbar unbeweglichen Pflanzenzelle manifestiren sich die Erscheinungen des Lebens in ähnlicher Weise wie in der beweglichen Amöbenzelle. Der Protoplasmaleib nimmt von Außen her Stoffe in sich auf und verarbeitet sie nach Bedarf zu Theilen des Pflanzenleibes; er ernährt die Pflanze, er athmet wie das Thier, er stoffwechselt und scheidet dabei Substanzen aus, die unbrauchbar geworden (vergl. die Krystalldruse kr in Fig. 4.)

3. Der Zellkern, ein besonders ausgestatteter Plasmakörper, ist in beiderlei Zellen — in der pflanzlichen wie in der thierischen Zelle — ähnlich gebaut und mit den gleichen Aufgaben betraut; er ist hier wie dort Zentralorgan der Zelle.

V.

Der Zellkern als Zentralorgan des Lebens und der Fortpflanzung.

Der Zellkern — im Jahre 1833 entdeckt — enthüllte der mikroskopischen Forschung während der letzten zwei Jahrzehnte physiologische Gesetze von ungeahnter Bedeutung. Er ist das Hauptorgan der Zellenvermehrung, der Träger der von den Eltern auf die Nachkommen zu vererbenden Merkmale. Er spielt bei der geschlechtlichen Zeugung unverkennbar die Hauptrolle und ist der Vermittler ununterbrochenen Lebens aus den fernsten Zeiten organischer Entwicklung bis hinab auf unsere Gegenwart. — Der Zellkern im ruhenden Zustand: die Kernfäden, der Kernsaft, die Kernwand, die Centrosphären mit den Centrosomen. Der Zellkern in seinen Theilungserscheinungen. Kerntheilung und Zelltheilung als wichtigste Vorgänge bei der Entwicklung des Komplizirten aus dem Einfachen, Fundamentalerscheinungsreihen des Lebens der höheren Pflanzen und der höheren Thiere (mit Einschluß des Menschen). Unser Leben ist ein fortwährendes Zerstören älterer Leibeszellen und gleichzeitig ein fortwährendes Zeugen neuer Zellen bei regelmäßig wiederkehrenden Zellkerntheilungen. — Alle lebendigen Zellen der höheren Thiere und der höheren Pflanzen haben einerlei Ursprung. Das lehren uns die Erscheinungen des Zellkernlebens beiderlei Organismenreiche. Im Zellkern sind die Geheimnisse der von Generation zu Generation sich fortpflanzenden Entwicklungsgesetze enthalten. Das Idioplasma oder sogenannte Keimplasma ist in den Kernfäden oder sogenannten Chromatinfäden der lebenden Zellkerne enthalten. Die wissenschaftlich zu beantwortende Frage der Vererbungserscheinungen hat in den Resultaten der neuesten Zellkernstudien eine greifbare, eine sichtbare und eine meßbare Unterlage bekommen. Die Bahn für weitere Forschungen ist sichtbarlich vorgezeichnet.

Jede gesunde lebensthätige Zelle besitzt einen sogenannten Zellkern oder Nucleus. Er ist von gewöhnlichem Zellenplasma umhüllt und besteht selbst aus protoplasmatischen Substanzen, das heißt aus diversen eiweißartigen Verbindungen mit den Grundstoffen: Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Sauerstoff und Schwefel. Auch Phosphor ist im Protoplasma der Zellkerne nachgewiesen worden.

Die Entdeckung des Zellkernes fand im Jahre 1833 statt und zwar durch den Engländer Robert Brown. In den folgenden Jahren wurden besonders von den deutschen Botanikern Mohl und Schleiden und dem Schweizer Nägeli (Zürich) verdankenswerthe Zellkernstudien gemacht. Aber bis in die sechziger Jahre hinein dachte Niemand daran, daß dem Zellkern die hohe physiologische Bedeutung zukomme, wie dies nun in den letzten zwei Jahrzehnten auf das Unzweideutigste gezeigt worden ist.

Das Mikroskop machte in dieser Zeit bedeutende Fortschritte zu erhöhter Leistungsfähigkeit und die Methoden der mikroskopischen

Forschung vervollkommneten sich solcher Art, daß in kurzer Zeit neue Entdeckungen auf Entdeckungen folgten. Eine Ueberraschung folgte der anderen; namhafte Forscher beschäftigten sich jahrelang fast ausschließlich mit Kernuntersuchungen, und so förderte die Wissenschaft in den letzten Jahren Resultate zu Tage, von denen die Forscher vor 20 bis 30 Jahren keine Ahnung haben konnten.

Ich will hier gleich — vorgreifend — bemerken, daß sich unter Anderem Folgendes ergab:

1. Der Zellkern ist das Hauptorgan der Zellenvermehrung.

2. Er ist der sichtbar gewordene Träger der von den elterlichen Pflanzen und Thieren auf ihre Nachkommen vererbbaren Eigenschaften und Merkmale.

3. Der Zellkern ist die geformte Erbmasse, welche vom mütterlichen Organismus — Thier oder Pflanze — in das Ei eingehüllt und vom väterlichen Organismus in die Samenzelle deponirt wird.

4. Die geschlechtliche Zeugung im Thier- und Pflanzenreich — wie beim Menschen — besteht im Wesentlichen in der körperlichen Vereinigung des Zellkernes im Ei mit dem Zellkern der männlichen Samenzelle. In der Verschmelzung eines männlichen Zellkernes mit einem weiblichen Kern zur Bildung eines neuen Kernes, des sogenannten Keimkernes, haben wir den wichtigsten Akt der geschlechtlichen Befruchtung zu erkennen.

5. In jedem höheren Organismus, ob Thier, ob Mensch, ob Pflanze, leben thatsächlich Plasmatheilchen vom väterlichen und vom mütterlichen Körper weiter fort: es sind Zellkerntheile, von deren Existenz uns das Mikroskop genauere Kenntniß giebt und die wir auf dem ganzen Wege ihrer Wanderung aus den elterlichen Körpern durch die Zellen der Nachkommen verfolgen können.

6. Jeder Zellkern stammt von einem anderen Zellkern ab, wie jede lebende Zelle von einer anderen lebenden Zelle abstammt. Die Zellkerne in unserem eigenen Leibe sind ohne Ausnahme direkte Nachkommen jenes einzigen Zellkernes, der nach der Befruchtung der mütterlichen Eizelle in jener mikroskopisch kleinen Keimanlage vorhanden war, welche sich während der folgenden neun Monate zum Säugling entwickelte.

Hieraus ergiebt sich als selbstverständlich, daß in unserer gegenwärtig lebenden Menschengeneration Zellkerntheilchen unserer Eltern, Großeltern und Ureltern materiell und potentiell, d. h. stofflich und kraftäußernd, fortleben.

Wenn es ein erstes Menschenpaar (Adam und Eva) jemals gegeben hätte, von welchem alle jetzt lebenden Menschen abstammten, so wäre also zu sagen: Die Abstammungsreihen aller Menschen der Gegenwart weisen zurück auf jene ersten Stammeltern, und diese Abstammungsreihen würden nichts anderes sein als ununterbrochene Ketten fortgesetzter Zellkerntheilungen, von Adam und Eva ab bis hinauf zu unseren eigenen Kindern. Wenn jene Sage vom ersten Menschenpaar Anspruch auf Glaubwürdigkeit erheben könnte, so dürfte man fast annehmen, daß in den Leibern der jetzt lebenden Menschen noch Atome spuken, welche mit unseren Stammeltern beim Sündenfall im Paradies mit zugegen waren. Da die Wissenschaft aber von einem ersten Menschenpaar im Sinne des Bibelberichtes schlechterdings Nichts wissen will, so kann selbstverständlich auch von Adam-Atomen in der heutigen Menschheit keine Rede mehr sein.

Aber eine Art „ewigen" Lebens substantieller Theile ist durch die Wissenschaft vom Zellkernleben bereits statuirt: ein einziger ununterbrochener Faden materiellen Seins und stetiger Weiterentwicklung zieht sich aus den fernsten Vergangenheiten unseres Pflanzen- und Thierlebens durch unzählbare Generationen herauf zu jedem Einzelnen von uns, die wir heute im Lichte athmen und voll Staunen und Bewunderung in jenen Abgrund der Vergangenheit blicken, auf dessen Schlammboden die Urahnen alles Lebenden ihr Amöbendasein verträumten.

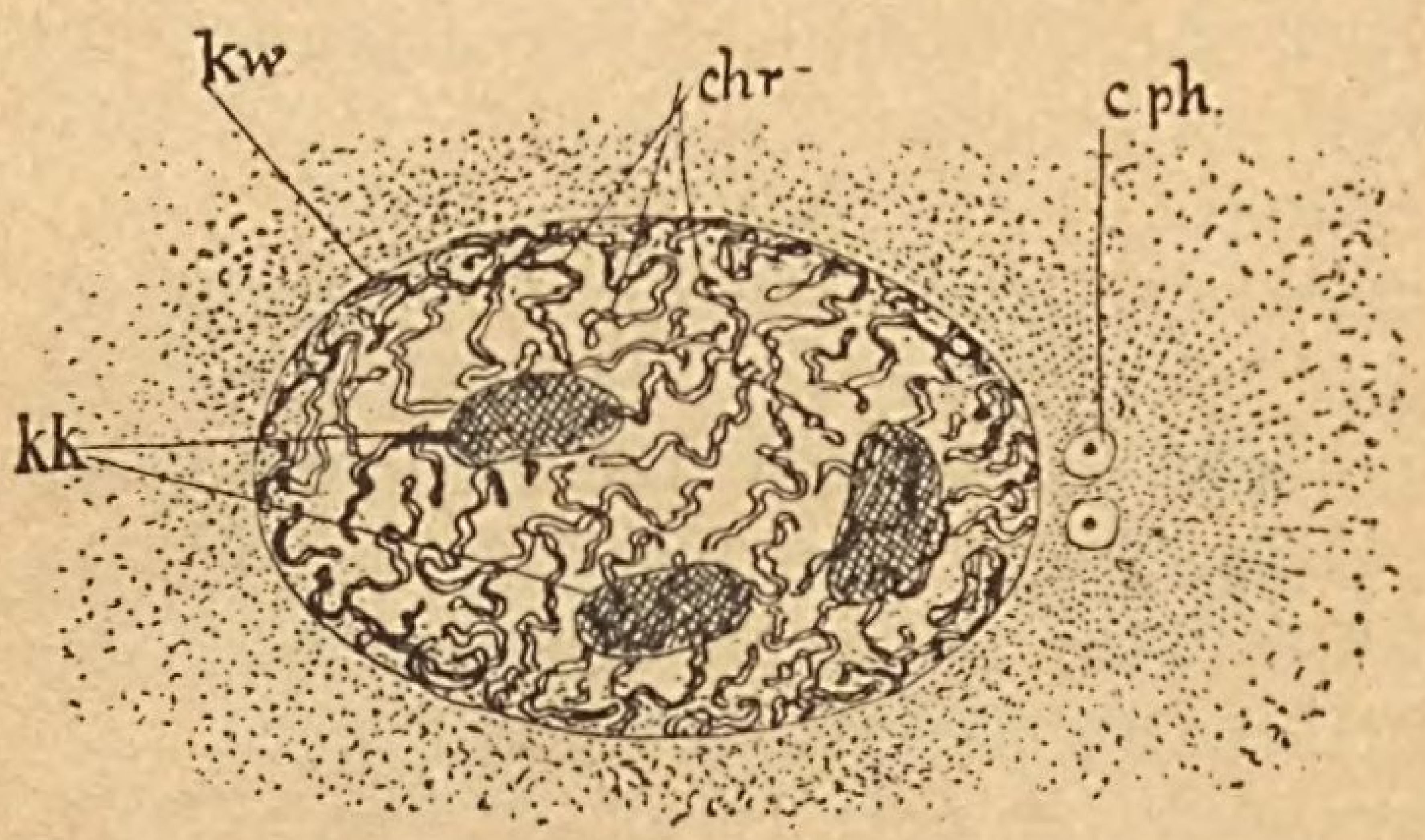


Fig. 5. Ruhender Zellkern, rings von körnigem Protoplasma umgeben.
Aus einer Samenanlage von der blauen Wiesenschwertlilie (Iris sibirica), ca. 1600 mal vergrößert. (Originalzeichnung.)

Wie lebt der Zellkern? Wie pflanzt er sich fort?

Im ruhenden Zustand erscheint der Kern der lebendigen Zelle meist als kugeliges oder eiförmiges, oft auch als linsenförmiges farbloses Körperchen mit scharfer Umgrenzung, welche man Kernwand kw nennt, die aber wahrscheinlich nicht eigentlich zum Zellkern selbst, sondern zum benachbarten, gewöhnlichen Zellplasma gehört.

Werden Zellkerne durch geeignete Mittel, z. B. durch Uebergießen mit absolutem Alkohol plötzlich getödtet und hernach mit gewissen Farbstoffen behandelt, so nehmen die verschiedenen Substanzen, welche den Kern aufbauen, ungleich viel Farbstoff auf und werden dadurch leicht von einander unterscheidbar. Ungeordnet durcheinander verlaufende, vielfach gekrümmte Fäden sind die Träger feiner Körner, die namentlich sehr viel Farbstoffe aufzunehmen und sich daher intensiv zu färben vermögen. Man nennt diese Fäden mitsammt ihren Körnern Chromatin- oder auch Kernfäden chr. Sie spielen bei der Fortpflanzung des Kernes eine bedeutsame Rolle, wie ich weiter unten zeigen werde. Nebst den Chromatinfäden finden sich noch ein bis drei oder gar mehrere größere, ebenfalls stark färbbare Körperchen im Innern des Kernes, die man kurzweg Kernkörperchen (kk in Fig. 5) nennt. Die übrige Masse des Kernes, welche keinen Farbstoff aufnimmt und daher glashell, durchsichtig erscheint, nennt Strasburger einfach Kernsaft.

Am einen Pol des Zellkernes sieht man in günstigen Fällen zwei nahe beisammenliegende hellglänzende Kügelchen, die sogenannten Centrosphären cph, mitten in jedem derselben ein punktförmiges kleinstes Körnchen, das Centrosom.

Um die beiden Centrosphären cph sieht man gelegentlich das feinkörnige benachbarte Protoplasma der Umgebung in strahlenförmig geordneten Streifen verlaufen. Ohne Zweifel liegt in den Centrosphären des lebenden Zellkernes eine ordnende, mehr oder weniger weitwirkende Kraft, die sich vielleicht bis an die Peripherie des ganzen Zellplasmaleibes erstreckt. Diese sonderbaren Gebilde spielen bei der Theilung des Kernes ebenfalls eine wichtige Rolle; sie sind bei sehr vielen thierischen Zellkernen leicht zu entdecken, bei pflanzlichen Zellkernen bis jetzt nur in verhältnißmäßig wenigen Fällen beobachtet worden. Guignard in Paris hat sie namentlich bei der Türkenbundlilie genauer verfolgt; Strasburger hat sie auch bei einigen anderen Pflanzen gesehen; wir haben die gleichen Gebilde von Zellkernen in den verschiedensten Blüthentheilen von der blauen Wiesenschwertlilie (Iris sibirica) beobachtet.

Das ist das typische Bild eines lebenden Zellkernes während der Zeit, da er sich anscheinend ruhig verhält. Anders gestaltet sich sein Aussehen unmittelbar vor und während der Kerntheilung, wobei der Zellkern in rascher Folge eine ganze Reihe

von Veränderungen durchmacht, welche mit unwesentlichen Abweichungen fast bei allen höheren Pflanzen dieselbe Gesetzmäßigkeit in der Form und Aufeinanderfolge zeigen.

Ich würde dem aufmerksamen Leser nicht zumuthen, dieser Erscheinungsreihe an Hand meiner Fig. 6 und der nachstehenden Erörterung zu folgen, wenn nicht gerade dieses Bild von der Fortpflanzung des Zellkernes durch **Zweitheilung** den Schlüssel abgeben müßte zum Verständniß der Vererbungs- und Fortpflanzungserscheinungen überhaupt, wie auch zum Verständniß des Entwicklungsganges einer höheren Pflanze oder eines höheren Thieres aus der einfachen Eizelle bis zum millionenzelligen erwachsenen Lebewesen.

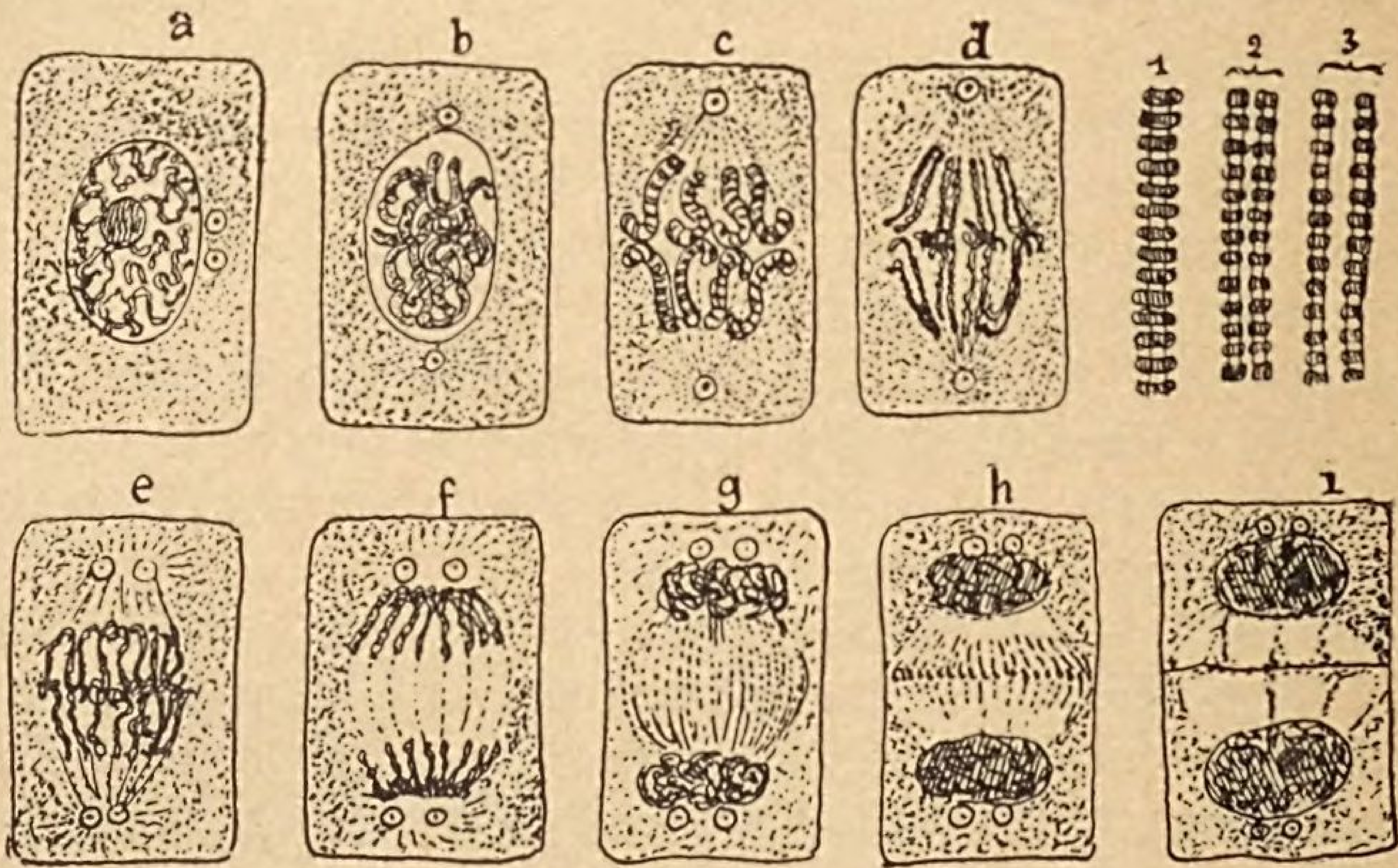


Fig. 6. Kern- und Zelltheilung bei einer Pflanzenzelle.
1, 2, 3 Anordnung der Chromosomen in den Kernfäden und Spaltung der letzteren in zwei identische Längshälften. Die Zelle in a ist durch die Theilungsphasen des Kernes in b bis i in zwei identische Tochterzellen getheilt worden.
(Frei nach Strasburger, Lehrbuch pag. 52.)

In unserem eigenen Menschenleibe werden Tag für Tag Tausende neuer Zellen gebildet, indeß gleichzeitig Tausende anderer Zellen absterben. Alle jene täglich neu entstehenden Zellen werden durch vorhergehende oder gleichzeitig statthabende Kerntheilungen ins Dasein gerufen. Der Kerntheilungsvorgang ist das Wesentliche der Zellenbildung oder Zellenvermehrung. Er vollzieht sich auch im Pflanzen- und Thierreich in den Hauptzügen auf wesentlich gleiche Art.

Stellen wir uns vor, in Fig. 6 sei a eine mitten in einem Junggewebe, z. B. in einer Fruchtanlage liegende Pflanzenzelle, die

ziemlich rasch wächst und alsbald sich in zwei Zellen theilen, sich also vermehren wird. Sie ist ringsum abgegrenzt von der zarten, aber aus fester Zellstoffsubstanz (Cellulose) bestehenden Wand, die wir der Einfachheit wegen nur mit einer schwarzen Grenzlinie markirt haben. Durch diese Zellwand treten von Außen verschiedene, im Wasser gelöste Stoffe in das Zellinnere ein; die ganze Zelle nimmt dabei an Größe zu, sie wächst. Der Innenraum der Zelle ist mit körnigem Plasma und mit dem verhältnißmäßig großen Zellkern, der in der Mitte liegt, erfüllt. An der einen Seite des Zellkernes sehen wir die beiden kugeligen Centrosphären, von denen aus das körnige Zellenplasma in strahlenartig geordneten Streifen nach allen Richtungen verläuft. Der Zellkern selbst ist scharf gegen das übrige Plasma abgegrenzt und in seinem Inneren sehen wir ein Gewirr von vielfach gekrümmten Fäden verlaufen, die aus kleinsten Körnern zu bestehen scheinen. Fast mitten im Zellkern liegt das Kernkörperchen, das nun alsbald aufgelöst wird oder aber in Theilstücke zerfällt und dann aus dem Zellkern auswandert in das übrige Zellplasma.

In b Fig. 6 sehen wir bereits einige erste Veränderungen eingetreten: Die beiden kleinen Kügelchen der Centrosphären sind nicht mehr nahe beisammen, sondern auseinandergewichen und stehen nun an den beiden Polen der länglich runden Kerngestalt. Die Kernfäden haben sich verkürzt und sich etwas von der Kernwand zurückgezogen. Sie sind dicker geworden, haben aber eine bestimmte Länge und bestehen nun aus scheibenförmigen Körnern, die in Reihen geordnet durch feine, farblose Fäden vereinigt bleiben, wie dies in 1 Fig. 6 angedeutet ist. Das Kernkörperchen ist auf diesem Stadium schon verschwunden.

In c Fig. 6 sehen wir zwischen beiden Centrosphären meridianartig verlaufende Streifen, die sogenannten Spindelfasern ausgespannt. Die Kernfäden sind im Aequator, mitten zwischen den beiden Polen der Figur, zu einem dichteren Konglomerat und mehr oder weniger regelmäßig angeordnet; ihre Anzahl ist eine gesetzmäßige, doch bei verschiedenen Pflanzen und bei verschiedenen Thieren ist sie eine verschiedene; in unserer Fig. 6 c sind acht Kernfäden vorhanden, die sich nun der Länge nach in je zwei absolut gleiche Hälften spalten, vergleiche Stadium d und 2, 3 in Fig. 6. Diese Längsspaltung der Kernfäden ist eine der wesentlichsten Erscheinungen bei der Fortpflanzung des Kernes; denn

darauf beruht der sichtbare Beweis, daß bei der Kerntheilung aus einem mütterlichen Zellkern zwei absolut gleiche Hälften entstehen, die sich in der Folge zu zwei ganz gleichartigen Tochterkernen vervollständigen, wie dies in Fig. 6 d, e, f, g und h zu sehen ist.

In d ist also jeder der acht Kernfäden der Länge nach gespalten. Nun weichen die sechzehn neuen Kernfäden derart auseinander, daß jederseits — rechts und links vom Aequator — je die Längshälfte aller acht ursprünglichen Mutterkernfäden liegt. Unter verschiedenartigen Krümmungen wandern nun diese sechzehn Kernfadenhälften längs der Spindelfasern vom Aequator aus gegen die beiden Pole hin, wo bereits die Centrosphären sich ebenfalls durch Theilung auf das Doppelte, also je zwei an jedem Pol, vermehrt haben. An jedem dieser beiden Pole sammeln sich also je acht Kernfäden, von denen jeder die genaue Hälfte eines der acht Kernfäden des Mutterkernes repräsentirt. Durch Krümmungen, Längsstreckungen und Verknäuelungen jener Fäden entsteht schließlich an jedem Pol ein kompleter Tochterkern (h und i Fig. 6). Zwischen beiden Tochterkernen erweitern sich die Spindelfasern, auf welchen die Kernfäden gegen die Pole marschirt sind, zu einer aufgedunsenen Tonnenfigur (e, f, g, h), welche oft noch einige Zeit lang zu sehen ist, nachdem die beiden Tochterkerne scharf abgegrenzt erscheinen. Auch werden alsbald die Kernkörperchen wieder sichtbar und die beiden Tochterkerne gleichen nun aufs Haar dem ursprünglichen Mutterkern.

Solcher Art gestaltet sich der Werdeprozeß zweier Tochterkerne, die aus dem Leib eines Mutterkernes durch Zweitheilung hervorgehen.

Dieser Vorgang spielt sich im Pflanzen- und im Thierreich wesentlich in gleicher Art ab. Er wiederholt sich fast unaufhörlich in unserem eigenen Leibe, wie in jedem anderen höheren Thiere. Während täglich Tausende oder Millionen von Zellkernen mitsammt den sie umgebenden übrigen Zelltheilen aus unserem Leib abgestoßen werden, bilden sich gleichzeitig auf dem Wege dieser Kerntheilung neue Ersatztheile.

Absterben und Neubilden, Verlust und Gewinn, Tod und Geburt — das sind die im lebenden Menschen-, Thier- und Pflanzenkörper stetig und gleichzeitig statthabenden Wandlungen und Veränderungen.

Es ist nicht Fabel und Märchen, es ist nicht poetische Phantasterei und nicht ein widerlegbares Paradoxon, wenn gesagt wird:

Das Leben ist der Tod (La vie c'est la mort), sondern es ist der Ausdruck einer aus zahllosen Thatsachen und an allen Enden sich wiederholenden Geschehnissen abgeleiteten Wahrheit.

Die fortdauernde Zerstörung, der fortdauernde Zerfall lebender Zellkerne und lebender Zellen macht fortwährende Neubildung von Kernen und Zellen nothwendig.

Wir haben also in dem oben geschilderten Vorgang der Kerntheilung eine der wichtigsten, eine der fundamentalsten Erscheinungsreihen des Lebens sowohl der Thiere — mit Einschluß des Menschen — als auch des Lebens der Pflanzen vor uns.

Hat bei der mütterlichen Pflanzenzelle (g und h in Fig. 6) die Kernspindel ihre größte Ausdehnung erreicht, so treten im Aequator der tonnenförmigen Figur kleine Körperchen auf, welche die Spindelfasern auf halber Länge anscheinend verdicken und in ihrer Gesammtheit eine quer verlaufende, mitten zwischen den beiden Tochterkernen liegende Trennungsfläche, die sogenannte Zellplatte (vergl. h in Fig. 6) darstellen. Mit einem Male verwandelt sich diese Platte in eine wirkliche, scharf abgegrenzte Haut, eine Wand, welche die ursprüngliche Mutterzelle nun vollends in zwei Kammern, in die beiden Tochterzellen theilt (i in Fig. 6).

Hiemit ist die Vermehrung der Mutterzelle a in zwei ebenbürtige Tochterzellen vollendet. Und der Vorgang kann sich nach kürzerer oder längerer Zeit bei den zwei neuen Zellen in derselben Weise wiederholen wie bei der Mutterzelle.

Auf solche Weise vermehren sich die Zellen in allen jungen Theilen einer höheren Pflanze: am Gipfel eines jeden wachsenden Stammes oder Zweiges, an der jüngsten Spitze einer wachsenden Wurzel, in den jungen Blattanlagen der Laub- und Blüthenknospen, in den ganz jungen, unreifen Früchten und Samen.

Auf gleiche Weise — nur unter Weglassung einer trennenden Zellwand zwischen beiden Tochterzellen — vermehren sich die Zellkerne und Zellen in den thierischen Organen.

Die Reihen der Kerntheilungserscheinungen sind im Pflanzen- und Thierreich wesentlich so übereinstimmend, daß die Mikroskopiker beider Naturreiche für die verschiedenen Phasen auf gleiche Benennungen sich geeinigt haben.

Wir sind in den letzten zwei Jahrzehnten auf beiden Forschungsgebieten, bei den Pflanzen wie bei den Thieren, zu dem einheitlichen Satz gelangt:

Alle lebendigen Zellen der höheren Thiere und der höheren Pflanzen haben einerlei Ursprung. Sie verrathen ihre gemeinsame Abstammung nicht allein durch die gleichartige Ausstattung, sondern auch durch die gleichartigen Zweitheilungsvorgänge des Zellkerns und des zugehörigen Protoplasmas.

Wenn trotzdem nun aber Pflanzen und Thiere im ausgewachsenen Zustande so unendlich verschieden in Form und Ausstattung erscheinen, daß die Zoologen bereits circa 300 000 verschiedene Thierarten und die Botaniker ungefähr 200 000 verschiedene Pflanzenformen der Jetztzeit beschrieben haben, so ist diese Mannigfaltigkeit zumeist auf das ungleiche Wachsthum und die nachträgliche Weiterentwicklung der zahlreichen Zellen zurückzuführen, aus denen der einzelne ausgewachsene Pflanzen- oder Thierkörper höherer Ordnung aufgebaut ist.

In ihren Anfangsstadien, im Keimzustand, gleichen sich äußerlich Tausende von verschiedenen Thierformen, Tausende von verschiedenen Pflanzenformen so sehr, daß der Vergleich „wie ein Ei dem andern" buchstäblich zutrifft. Der größte Waldbaum, die Tanne oder die Eiche, beginnt sein Dasein mit einer einzigen, mikroskopisch kleinen, farblosen Zelle, ähnlich wie das zwerghafte Moospflänzchen, das an seiner feuchten Rinde haftet, seinen Ursprung aus einer mikroskopisch kleinen farblosen Eizelle genommen hat. Würden wir beide Keimzellen, diejenige des Eichbaums und diejenige des Moospflänzchens, in unversehrtem Zustande nebeneinander unter das Mikroskop legen, so würde es kaum möglich sein, dieselben voneinander zu unterscheiden. Beide bestehen nämlich aus je einer abgerundeten Plasmamasse, in deren Mitte ein verhältnißmäßig großer Zellkern liegt, der in der Folge bei der Weiterentwicklung der Keimzelle die führende Rolle übernimmt, indem er die Zelltheilungsvorgänge, wahrscheinlich auch die Wachsthums- und Gestaltungsvorgänge der Keimanlage leitet.

Im Zellkern sind die Geheimnisse der von Generation zu Generation sich fortpflanzenden Entwicklungsgesetze enthalten.

Im Zellkern lebt, wächst und theilt sich jene besondere Art von Protoplasma, in welchem die Eigenschaften der elterlichen Zellen auf die Kindzellen, die Eigenschaften elterlicher Pflanzen und elterlicher Thiere auf die Nachkommen übertragen, also vererbt werden. Der geniale Botaniker Nägeli nannte dieses spezifisch ausgestattete

Protoplasma kurzweg Idioplasma (abgeleitet aus idios — eigen, eigenthümlich) und er charakterisirt dasselbe ungefähr folgendermaßen: Aus dem Idioplasma oder Keimplasma, Anlageplasma, geht immer eine bestimmte und eigenthümliche Entwicklungsbewegung hervor, die zu einer bestimmten Pflanze, zu einem bestimmten Thiere führt. Bei der Fortpflanzung vererbt der Organismus die Gesammtheit seiner Eigenschaften als Idioplasma. Je komplizirter ein Thier oder eine Pflanze im erwachsenen Zustand gebaut ist, desto komplizirter ist auch das Idioplasma des betreffenden Organismus geordnet; je niedriger die Stufe des Organismus, desto weniger komplizirt auch die Ordnung seines Idioplasmas. Durch das Wachsen und durch die wiederholten Zelltheilungen gelangt das Idioplasma der Keimanlage nach und nach in alle Theile des vielzelligen Körpers, wo es die gesetzmäßig aufeinander folgenden Entwicklungsbewegungen leitet. Die ganze Lebens- und Entwicklungsgeschichte der vielzelligen Einzelpflanze oder des vielzelligen Thieres ist das Produkt einer Bewegungsreihe von genau begrenzter Form. Im Idioplasma ist die ganze Bewegungsreihe materiell und potentiell, also stofflich und kraftäußernd, vorgezeichnet.

Der Pflanzenphysiologe Nägeli gelangte auf rein theoretischem Wege zu seiner Idioplasmatheorie. Er folgerte aus den bekannten Thatsachen der Vererbung, wonach die Merkmale und Eigenschaften von Vater und Mutter in der Regel zu gleichen Theilen auf das von ihnen gezeugte Kind übergehen, daß bei der geschlechtlichen Zeugung von beiden Eltern gleich große Stoffmassen von einem besonders gebauten Plasma, eben von dem Idioplasma, auf das Kind überliefert werden.

Da nun bekanntlich bei den meisten Thieren die unbefruchteten Eizellen vielmal größer sind, als die von väterlicher Seite bei der Befruchtung in den Keim abgelieferte Samenzelle, so müßte daraus gefolgert werden, daß die große Eimasse keineswegs in ihrer Totalität nur aus Idioplasma bestehe, sondern daß nur ein kleiner Theil des zu befruchtenden Eies wirkliches Keimplasma, wirkliches Idioplasma sein könne.

Das Nägelische Buch mit seiner Idioplasmatheorie erschien 1884, in einer Zeit, da allerdings unsere Kenntnisse vom Leben und von der Fortpflanzung der Zellkerne bereits zu einer höheren Stufe vorgeschritten waren. Seither ist das Gebiet der Forschung über Zeugung und Befruchtung im Pflanzen- und Thierreich so fleißig

weiter untersucht worden, daß wir heute wohl sagen können: Es gehört der Zellkern der Pflanzen- und der Thierzelle zu den bestbekannten Theilen des lebendigen Leibes und das geheimnißvolle Wesen des Idioplasmas liegt zweifelsohne in jenen Theilen des Zellkernes, die wir bald als fädige Knäuel, bald als scheinbare Körner, bald als Fadenstücke von bestimmter Zahl und von bestimmter Anordnung sich zusammenziehen, sich spalten, sich bewegen und gesetzmäßig vereinigen sehen, wie wir dies z. B. in Fig. 6 a bis i in den gröbsten Zügen angedeutet haben.

In den sogenannten Kernfäden muß das Idioplasma, die Erbmasse oder das Keimplasma, wie man es mit verschiedenen Namen benannt hat, enthalten sein. Das Geheimniß der Vererbung, vielleicht das größte Geheimniß der ganzen sichtbaren Welt, liegt in den mikroskopisch wahrnehmbaren Fäden eingeschlossen, welche dem lebendigen Zellkern in den verschiedensten Phasen seines Lebens das charakteristische und bedeutungsvolle Gepräge verleihen.

Unsere stärksten Mikroskope reichen aber nicht so weit, daß wir auch den feinsten Aufbau jener Kernfäden, das Gefüge ihrer kleinsten Theilchen, der Idioplasten, erkennen könnten. Wohl wissen wir aus reicher Erfahrung am Mikroskop, daß in jenen idioplasmahaltigen Kernfäden eiweißartige Verbindungen vorhanden sind, die sich anders verhalten, als alle andern bis jetzt beobachteten Eiweißsubstanzen; denn sie nehmen in großen Mengen gewisse Farbstoffe auf, welche von andern Plasmatheilen nicht aufgenommen werden. Gerade diesem Umstande verdankt es die Wissenschaft, daß die mikroskopische Forschung der letzten Jahre Zellkerngeheimnisse enthüllte, von denen vor zwei Jahrzehnten Niemand eine Ahnung hatte. Wohl hat man nun den Zauberkreis der Vererbungsgeheimnisse eingeengt in die stille Behausung des Zellkernes; aber die weitere Forschung wird nun zu sehen haben, wie sie dem also eingeengten Geheimniß entschleiernd beikommen kann.

Man ist also dem Nägelischen Idioplasma auf der sicheren Spur. Und heute gehört das Kapitel der Vererbung zu den meistbesprochenen wissenschaftlichen Tagesfragen. Eine lebhafte Diskussion wirft hier ihre Tageswellen und wird nicht eher ruhen, bis eine gewisse Klarheit gewonnen sein wird. Auf einem gewissen Punkte wird uns das Mikroskop vielleicht im Stich lassen; dann wird der findige Menschengeist nach weiteren Hilfsmitteln suchen

und er wird sie wohl finden, gleich wie die Chemie ihre theoretischen Hilfsmittel gefunden hat, um an der Hand der Denkgesetze zu jenen Triumphen fortzuschreiten, die heute unser Staunen und unsere Bewunderung in Anspruch nehmen.

* * *

Ich habe den Zellkern in der Ueberschrift zu diesem Kapitel das Zentralorgan des Lebens und der Fortpflanzung genannt. Durch seine wiederholten Zweitheilungen schafft der Zellkern aus einem einzelligen Keim eine vielzellige Pflanze, ein vielzelliges Thier mit verschieden gestalteten Organen, welche den verschiedenartigsten Lebensverrichtungen obliegen. Der Zellkern wird stets vom gewöhnlichen Zellplasma umspült und es hat den Anschein, daß dieses gewöhnliche Zellplasma zu keiner bedeutenden Aktion sich herbeiläßt, ohne vom Zellkern beeinflußt zu werden.

Wenn die Honigbiene zur rechten Zeit die blaue Wiesenschwertlilie (Iris sibirica) besucht und dabei die Narbe bestäubt, so sind die im Fruchtknoten enthaltenen Eizellen nach zwei Tagen alle befruchtet. In Folge der Befruchtung wächst die Eizelle zu einem im Samen eingeschlossenen Pflänzchen mit Stengel, Blatt und Wurzel heran. Im reifen Samen finden wir dieses Pflänzchen, den sogenannten Keimling, aufgebaut aus circa 26 000 bis 32 000 Zellen mit ebenso vielen Zellkernen. Mit dem Mikroskop können wir verschiedenartige Zellenvereinigungen wahrnehmen, die später beim Keimen des Samens verschiedene Verrichtungen übernehmen. Die eigenartige Gruppirung und die Gestalten dieser vielen Zellen hängen unmittelbar von dem Benehmen der Zellkerne ab, welche — 26 000 bis 32 000 an Zahl — aus dem einzigen Kern der befruchteten Eizelle in 14- bis 15mal wiederholter Kerntheilung hervorgehen. Für den Mikroskopiker liegt auf der Hand, daß bei der Entwicklung dieses vielzelligen Pflänzchens die Zellkerne unbedingt die Hauptrolle spielen!

Das ist die rein vegetative Entwicklung. Wie verhält sich der Zellkern nun aber bei der **Zeugung, Vermehrung** oder **Fortpflanzung** von Thieren und Pflanzen?

VI.

Die Einheit in Leben und Liebe bei der Zeugung im Pflanzen- und Thierreich.

Die Einheit des Lebens im Pflanzen- und Thierreich offenbart sich nicht allein durch die Thatsache, daß alle Lebewesen aus mehr oder weniger selbständigen Elementarorganismen bestehen, aus Zellen, welche in Bau und Lebenserscheinungen wesentlich übereinstimmen: sondern auch durch die Einheit der Gesetze beim Zeugen und bei den verschiedenen Fortpflanzungsarten. Die Zeugungsvorgänge sind bei Pflanzen und Thieren im Wesentlichen gleicherlei Art. Die physiologische Grundlage alles Liebeslebens ist die allmächtige Tendenz zur Vereinigung zweier verschiedener Zellkerne: eines männlichen und eines weiblichen, zur Bildung eines aus dieser Verschmelzung resultirenden neuen Kernes, des Keimkernes. Beispiele aus dem Liebesleben der Pflanzenwelt: Die Wiesenschwertlilie — prangt in Farben, duftet in Wohlgerüchen und sondert Honig ab — aus Liebe. Ihr Bau ist anscheinend ein vollendetes Wunder und ihre Gewohnheiten erscheinen wie Märchen. Sie ist am ersten Tag männlich, am zweiten Tag weiblich. Fremdbestäubung — Nothwendigkeit. Ihre Liebesboten sind Bienen. Bestäubung und Befruchtung — zwei verschiedene, auch zeitlich getrennte Vorgänge. Darstellung des Befruchtungsvorganges an und in der Eizelle bei der Schwertlilie. „Das neu entdeckte Geheimniß der Blumen" von Conrad Sprengel und Charles Darwin. Die geschlechtliche Zeugung bei den blüthenlosen Pflanzen: Moosen, Farnen, Schafthalmen und Bärlappgewächsen; die männlichen Geschlechtszellen gleichen hier durchaus den männlichen Fortpflanzungszellen des Thierreiches. An der unteren Grenze des pflanzlichen Geschlechtslebens sind männliche und weibliche Zellen einander gleich in Gestalt und physiologischem Verhalten. Eizellen und Spermatozoiden sind nur verschiedenartig entwickelte Schwärmsporen, wie sie bei Algen und manchen Pilzen als ungeschlechtliche Fortpflanzungszellen noch häufig vorkommen. Die ungeschlechtliche Fortpflanzung im Thierreich ist bei den Infusorien zumeist ein einfacher Theilungsvorgang, ähnlich wie die ungeschlechtliche Vermehrung mancher niedriger Pflanzen. Kolossale Ausgiebigkeit der Vermehrung durch einfache Zweitheilung. Maupas und Rich. Hertwig über die begrenzte Generationsreihe ungeschlechtlicher Vermehrung. Auffrischung und Neustärkung der Zellkerne bei der Kopulation. Die geschlechtliche Befruchtung im Thierreich: männliche Fortpflanzungszellen im Thierreich ähnlich nach Form und Funktion wie bei den niederen Pflanzen. Die Entdeckung der menschlichen Spermatozoiden im Jahre 1677. Abenteuerliche Ideen über das Wesen der Spermatozoiden. Karl Ernst von Bär entdeckte 1827 das Ei der Säugethiere. Bau und Wesen des thierischen Eies. Degradation des Weibes durch das einfältige Märchen vom Storch. Vorgang der Befruchtung bei den Eiern des Seesternes und des Seeigels. Vereinigung des Eikernes und des Spermakernes zur Bildung des ersten Furchungskernes (Keimkernes). Aehnlichkeit der Befruchtungsvorgänge bei Würmern, Weichthieren und Wirbelthieren.

Die mikroskopischen und physiologischen Forschungen haben auf dem Gebiete der vergleichenden Entwicklungsgeschichte für beide Kategorien von Lebewesen, für Pflanzen und Thiere das einheitliche Resultat ergeben, daß alle Organismen aus einerlei Theilen, aus mehr oder weniger selbständigen Zellen bestehen und daß das Leben dieser Zellen im Wesentlichen auf denselben Grundlagen sich auf-

baut und von denselben äußeren Bedingungen abhängt. Ganz unerwartet, ganz ungeahnt und daher fast sinnverwirrend muß dem gewöhnlichen Bürger, der keinerlei Wissenschaft mit Ernst zu treiben Zeit oder Gelegenheit hat, das wissenschaftliche Resultat ausgedehntester Untersuchungen erscheinen, welche über die Zeugungs- und Befruchtungserscheinungen im Pflanzen- und Thierreich angestellt und mehr weniger in großen Zügen zu einem gewissen Abschluß gebracht worden sind. Dieses Resultat liefert einen der mächtigsten Bausteine in der Kenntniß von den Lebewesen und es ist zugleich einer der beredtesten Zeugen von der Einheit des Lebens beider Reiche.

Dichter haben zu allen Zeiten der Menschheitsgeschichte die Liebe der Menschenkinder besungen.

Sinnige Naturfreunde haben die Liebe und Treue bei emsiglich beobachteten Thieren belauscht und zum Theil in beredten Farben geschildert.

Dann kamen die Botaniker und entdeckten das Geheimniß derselben allmächtigen Liebe auch im lautlosen Reiche der Blumen.

Fast hatte es den Anschein, als würde die Sphäre des Liebeslebens für alle Zeiten die ausschließliche Domäne ästhetischer und ethischer Betrachtung bleiben. Allein die Wissenschaft drang auch hier unaufhaltsam über die mit Rosen bewachsenen Ringmauern herein, um furchtlos nach den Gesetzen des Werdens zu forschen, auf daß die Gesetze des Vergehens eher verstanden würden.

Das Hauptresultat dieses fast frevelhaft zu nennenden Streifzuges läßt sich kurz dahin zusammenfassen: Wo Pflanzen und Thiere niedriger Organisation sich blos ungeschlechtlich vermehren, da stimmen sie in der Art ihrer Fortpflanzung so sehr überein, daß zwischen Pflanzen und Thieren sich die Reichsgrenzen völlig verwischen; und wo Pflanzen und Thiere sich **geschlechtlich** fortpflanzen, wie dies bei den höheren Lebewesen Regel ist, da finden wir in beiden Naturreichen — in Thier- und Pflanzenwelt — wesentlich die gleichen Zeugungsvorgänge. Das Wesen der geschlechtlichen Zeugung besteht in der Befruchtung der Eizellen; die Befruchtung der Eizellen ist aber in ihrem wichtigsten Theil nichts Anderes als die Vereinigung **zweier Zellkerne**, eines weiblichen mit einem männlichen, zur Bildung eines neuen Kernes, des Keimkernes, der in allen Fällen aus der Verschmelzung beider Elterkerne hervorgeht.

In diesen Grundzügen der Zeugungslehre liegt das Kernwesen, die physiologische Grundlage alles Liebeslebens, handle es sich um die Fruchtbildung und Samenzeugung im Pflanzenreich, oder um die Weiterführung der Generationsreihen ganzer Thiergeschlechter oder um die Erhaltung einer fürstlichen Dynastie unserer liebe- und haßathmenden Menschheit. Mit festem Griffel schrieb die Natur ihr allmächtiges Gesetz des geschlechtlichen Werdens: „Es vereinige sich das Idioplasma des einen Organes mit dem Idioplasma des anderen Organes! Und beide Plasmen sollen sich verschmelzen zu Einem neuen Keim, in welchem sie Eins seien, materiell und potentiell, nach Stoff und nach Bewegungsfähigkeit!“

Aus der fast unübersehbaren Masse der schlagenden Beweismateriale für die Einheit des Liebeslebens im Pflanzen- und Thierreich greife ich nur wenige Beispiele heraus, von denen die einen als Belegstücke aus dem Pflanzenreich, die anderen als Belege aus dem Thier- und Menschenreich dienen mögen.

Ich beginne mit den Blumen des Feldes oder der Wiesen, von denen schon im Alterthum gesagt wurde, daß sie schöner gekleidet seien als König Salomon. — Ja, schön gekleidet wie Feen, anmuthig wie Göttinnen sind sie, die Blumen des Feldes! — Warum entfalten sie solch zauberhaften Luxus? — — Aus Liebe! — Und das ist kein Märchen, sondern thatsächliche Wahrheit.

In feuchten Wiesen verschiedener Gegenden Deutschlands und der Schweiz wächst eine der zierlichsten Schwertlilien, Iris sibirica, die in ihrem Blüthenbau wesentlich mit der blauen deutschen Schwertlilie (Iris germanica) unserer Ziergärten, ebenso mit der gelben Sumpfschwertlilie (Iris Pseud-Acorus) übereinstimmt. Aber in ihrer Farbenpracht und im Reichthum ihres Honigs überragt sie alle wildwachsenden Schwertlilien Europas, darum wird sie zur Zeit ihrer Blüthe, wo oft weite Strecken sumpfiger Wiesen durch ihren Farbenzauber blau gefärbt erscheinen, von Insekten — namentlich von der Honigbiene — reichlich besucht. Die Einrichtung der ganzen Blüthe (Fig. 7) ist wie bei den meisten anderen Schwertlilien ebenfalls so durchgeführt, daß die Pflanze nur dann Samen bilden kann, wenn sie von geeigneten Insekten besucht wird.

Der Fruchtknoten (unterhalb der Perigonröhre PR in 4 Figur 7) beherbergt etwa 100 bis 120 Samenanlagen. In jeder derselben befindet sich eine Eizelle, welche abwartet, bis ein männlicher Zellkern an sie abgegeben wird und sie befruchtet.



Fig. 7. Die von der Honigbiene besuchte Blüthe der blauen Wiesenschwertlilie, Iris sibirica, im Moment der Bestäubung.
(Nach A. Dobel, Biologischer Atlas der Botanik für Hoch- und Mittelschulen. Serie Iris, Taf. I.)

Von der Seite betrachtet, zeigt die Blume, wie bei unseren anderen Schwertlilien, drei äußere, regelmäßig gebaute, buntfarbige Blumenblätter, aP, welche mit ihren breitesten Theilen abwärts gerichtet, am inneren, schmäleren Theile dagegen in eine steife, buntfarbige Rinne zusammengezogen sind. Diese drei steifen Rinnen, gelb gefärbt und violett geadert, führen in ein kesselförmiges Behältniß, an dessen Innenwand der süße Honigsaft in großer Menge abgesondert wird. Ich habe dieses Behältniß in Fig. 7 mit PR bezeichnet, um anzudeuten, daß es aus den untersten Theilen der sechs farbigen Blumenblätter durch Verwachsung zu einer Röhre — Perigonröhre (PR) entstanden ist.

Ueber jeder Rinne steht ein zungenförmiges, blaßviolettes, dachartig gewölbtes Narbenblatt Nbl, das mit der genannten Rinne zusammen ein tunnelartiges, langgestrecktes Gewölbe bildet, durch welches gerade noch unsere Honigbiene bis zum Honigbehälter vordringen kann. Die Mitte der Blume nehmen drei kleinere, aufwärts gerichtete, sehr zarte, seidenglänzende Blumenblätter ein, welche durch Farbe und Glanz die Herrlichkeit der Blüthe noch steigern helfen; es sind dies die drei inneren Blumenblätter iP, welche als Schauapparat dienen. (Bei der gelben Sumpfschwertlilie sind diese drei inneren Blumenblätter viel kleiner und weniger augenfällig.)

Nun ist diese blaue Wiesenschwertlilie am ersten Tag ihres Blühens männlich: in dieser Zeit öffnet sie ihre drei Staubbeutel, (Anth rechts in 4 Figur 7), welche an langen, steifen Staubfäden bis unter die vorderen Theile der Dächer Nbl über den drei tunnelartigen Rinnen vorragen. Jeder Staubbeutel entläßt am ersten Tage der Blüthe eine große Zahl (mehrere hundert) kugeliger Zellen, den sogenannten Blüthenstaub oder Pollen, welcher das zur Befruchtung der Eizellen unbedingt nothwendige männliche Protoplasma enthält. Kommt um diese Zeit eine Honigbiene, herbeigelockt durch die farbigen Blumenblätter und den milden süßen Duft der Blüthe, so findet sie alsbald durch die Rinne der äußeren Blumenblätter die einzigen Wege zum Honigsaft-spendenden Nectarium (PR in 4 Figur 7); sie dringt von Außen durch die ganze Länge des Tunnels, um schließlich den Nektar zu saugen und nachher in rückläufiger Bewegung auf dem gleichen Wege wieder aus dem Tunnel herauszukommen (Vergl. die Biene links in 4 Figur 7). Dabei streift sie mit dem haarigen Rückentheil ihres Leibes den am Tunneldach anliegenden geöffneten Staubbeutel, wie er bei

Anth rechts in 4 Figur 7 zu sehen ist, und nimmt Hunderte von Blüthenstaubkörnern als feinen Puder an ihrem Haarkleid mit sich. Der Reihe nach werden alle drei Rinnen derselben Blume von der Biene benützt, um den Honigbehälter zu entleeren. Tüchtig bepudert verläßt die Biene diese Blume und kommt gelegentlich zu einer Blüthe, die bereits schon am vorigen Tage geöffnet war und nun bestäubt werden kann.

Am zweiten Tag des Blühens ist nämlich jede Blume der blauen Wiesenschwertlilie weiblich: die (männlichen) Blüthenstaubkörner hat sie schon am ersten Tage an andere, ältere Blüthen abgegeben; damals aber war die Narbe, das heißt das weibliche Empfängnißorgan noch nicht fähig, Blüthenstaub aufzunehmen. Erst am zweiten Tage löst sich am vorderen Theil des Narbenblattes (bei Nl in 4 Figur 7) über dem Eingang einer jeden Rinne ein feines Läppchen vom Tunneldach so ab, daß es (wie ein Eselsohr an einem Papierblatt) über jedem Tunneleingang nach rückwärts gekrümmt erscheint und die empfängnißfähige Narbenfläche der Berührung durch die honigsuchende Biene aussetzt.

Alle Theile der Schwertlilienblüthe sind am zweiten Tage so geordnet, daß jede mit Blüthenstaub bepuderte Biene beim Besuch einer im weiblichen Stadium stehenden Blüthe die empfängnißfähigen Stellen (Nl Nl) mit Pollenkörnern belegen, also bestäuben muß. Das geschieht nun auch so regelmäßig, daß selten, höchst selten eine Blume unbestäubt bleibt und dann keinen Samen zu bilden vermag.

Dabei ist wohl zu beachten, daß diese Schwertlilie wie viele tausend andere Blumen nicht im Stande ist, ohne Hilfe von Insekten, etwa durch eigene Kraft, sich selbst zu bestäuben. Weiterhin ist hervorzuheben, daß hier, wie in zahlreichen anderen Fällen, die Einzelblüthe immer mit dem Blüthenstaub von einer anderen Blüthe belegt wird. Man nennt diesen Vorgang Fremdbestäubung und das Experiment hat bewiesen, daß die Fremdbestäubung günstiger ist als Selbstbestäubung, das heißt: der Blüthenstaub fremder Blüthen derselben Pflanzenart wirkt kräftiger, als der eigene Blüthenstaub.

Da haben wir den Schlüssel zum Räthsel der herrlichen Blumengeheimnisse: Honig und Blüthenduft und Blumenfarbe sind Lockmittel der Blumen für naschhafte Insekten, welche die Bestäubung zu vollziehen haben. In tausend Fällen sind die Honigbienen, in anderen Fällen Hummeln, in wieder anderen Fällen Schmetterlinge

die Liebesboten, welche die Blüthenstaubkörner als Garantiebriefe ewigen Lebens zur Erzeugung von Nachkommenschaft hin und her tragen. Das Farbenkleid der Blume erscheint als poetische Verkleidung des Geschlechtstriebes.

Schon zu den Zeiten Linnés sprach man von den Staubbeuteln der Blüthen als von männlichen Organen. Aber erst die Neuzeit mit ihren mikroskopischen Forschungen brachte Klarheit in die unbestimmten, ungenauen und zum Theil ganz irrthümlichen Meinungen, die man vom Geschlechts- oder Liebesleben der Blumen früher hegte. Es hat sich herausgestellt, daß wirklich die Blüthenstaubkörner in den Staubbeuteln die Träger des männlichen Protoplasmas sind, das heißt jenes Plasmas, dem die Aufgabe zukommt, in die weiblichen Fortpflanzungszellen, in die Eizellen einzudringen und sich mit dem Kern der Eizelle zur Bildung eines neuen Kernes, des Keimkernes zu vereinigen.

Ich werde dies an dem schönen Beispiel von der blauen Schwertlilie erläutern.

Am Abend des zweiten Tages, da die Schwertlilie ihren Blüthenzauber auf der blumenbesäeten Wiese entfaltete, ist die Bestäubung in der Regel besorgt, sofern das Wetter den Bienen gestattet, ihrer Arbeit nachzugehen. Wenn wir daher um diese Zeit die Narbenläppchen Nl Nl Fig. 7 und N N Fig. 8 I genauer betrachten, so finden wir sie mit einem farblosen Puder behaftet. Unter dem Mikroskop erkennen wir leicht eine Menge kugeliger Zellen, eben jene von Bienen hier an kegelförmigen mikroskopischen Haaren abgestreifte Pollenkörner, wie wir in III Fig. 8 zwei solcher Körner Po Po bei schwacher Vergrößerung, in II Fig. 8 dagegen eines derselben stark vergrößert dargestellt sehen. Die kegelförmigen Haarzellen, welche das ganze Narbenläppchen auf der einen Seite bekleiden und daher Narbenpapillen genannt werden, sind um diese Zeit noch von Narbenfeuchtigkeit bedeckt. Letztere dient dazu, die feinen Blüthenstaubkörner festzuhalten und hernach zu veranlassen, in schlauchförmige Fortsätze, sogenannte Pollenschläuche (Po.sch in Fig. 8 III) auszuwachsen. Sobald nämlich ein trockenes Blüthenstaubkorn an der feuchten Narbe abgestreift worden ist, so beginnt dasselbe, rasch Narbenfeuchtigkeit an sich zu reißen und in das Innere des Pollenkornes aufzunehmen. Dieses schwillt nun an und erscheint alsbald als straff erfülltes Bläschen, in dessen Innern wir zwei verschiedene Zellkerne erkennen: einen sogenannten vegetativen oder neutralen

Zellkern (vK in III Fig. 8), der mit der eigentlichen Befruchtung nichts zu thun hat, und einen sogenannten generativen Zellkern (gK in III Fig. 8), welcher das die Befruchtung auszuübende Plasma

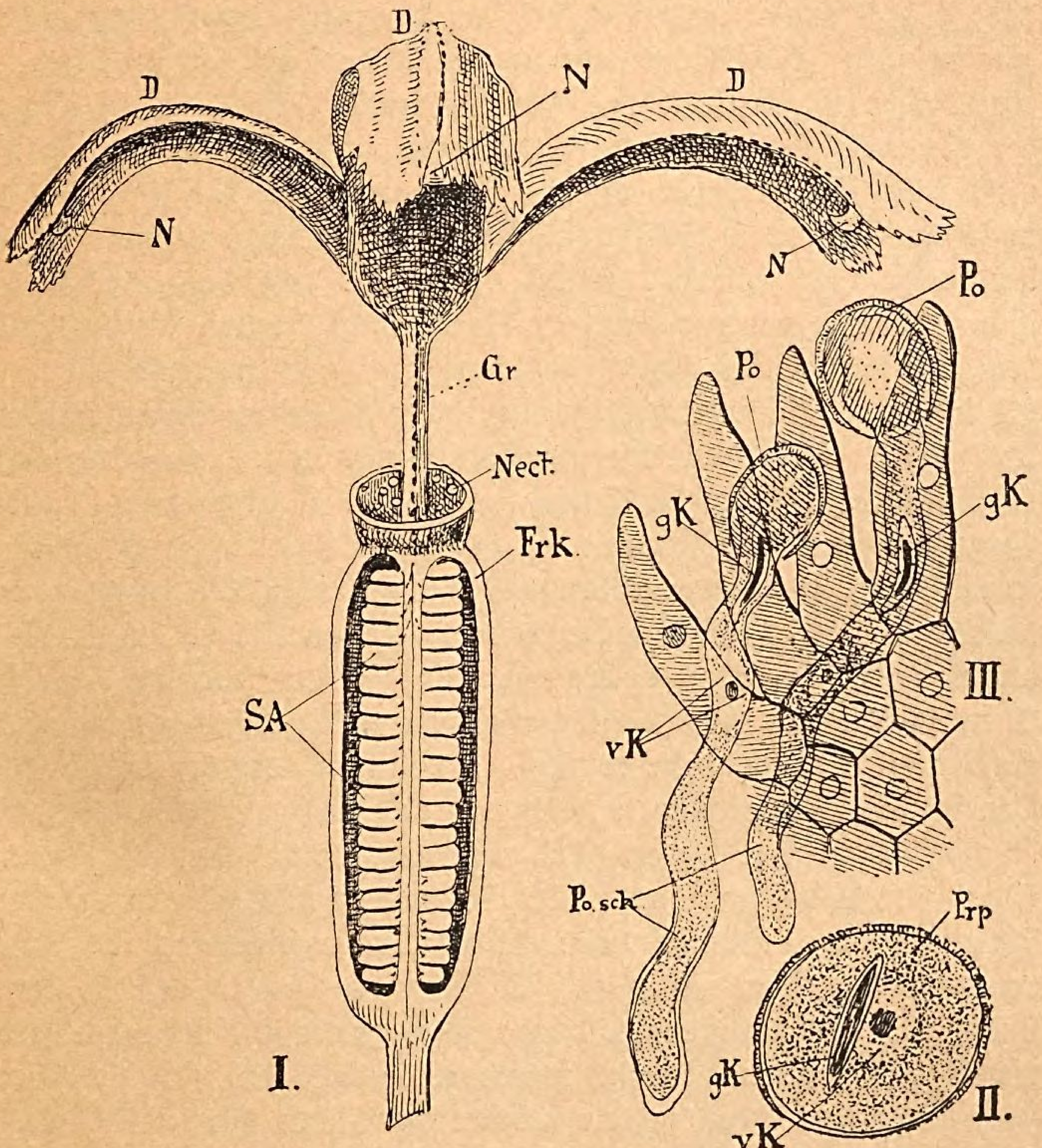


Fig. 8. Die Bestäubung des weiblichen Geschlechtsapparates und die Bildung der Pollenschläuche (männliche Begattungsorgane) bei der blauen Wiesenschwertlilie, Iris sibirica. (Nach eigenen Untersuchungen.)

I. Frk Fruchtknoten mit den Samenanlagen SA; Nect. Honigbehälter nach der Entfernung der farbigen Blumenblätter; Gr Griffel, D D D die drei dachförmigen Narbenblätter mit den empfängnißfähigen Narbenläppchen N N. Die punktirten Linien bei D D geben den Weg an, den die Pollenschläuche von den Narbenflächen N N aus zurückzulegen haben, um in den Griffel, dann in den Fruchtknoten und endlich zu den Eizellen zu gelangen.

II. Ein reifes Blüthenstaubkorn mit dem männlichen Zellkern gK, dem neutralen Zellkern vK und dem Protoplasma Prp.

III. Theil der Narbenfläche mit den kegelförmigen Narbenpapillen und zwei keimenden Pollenkörnern Po Po, welche bereits zwei lange Schläuche Po.sch gebildet haben.

enthält. Der generative, das heißt zu deutsch: der zur geschlechtlichen Zeugung bestimmte Zellkern des einzelnen Blüthenstaubkornes hat die Aufgabe, nun von der feuchten bestäubten Narbe aus den Weg bis hinunter in den Fruchtknoten zurückzulegen und dort in eine der 100—120 Samenanlagen (Samenknospen SA in I Fig. 8) einzudringen. Dazu ist der Pollenschlauch (Po.sch in III Fig. 8) der geeignete Weg. Schon eine Stunde nach der Bestäubung sind viele Blüthenstaubkörner auf der feuchten Narbe (N N in I Fig. 8) in je einen feinen pilzfadenähnlichen Schlauch ausgewachsen, der in der Folge rasch abwärts wächst durch eine besonders hierfür bestimmte Rinne am dachförmigen Narbenblatt D, von da weiter in den Griffel (Gr. in I Fig. 8) und durch den ganzen Griffel hinunter bis in die Fruchtknotenhöhlen mit den zahlreichen Samenanlagen. Ich habe in I Fig. 8 durch punktirte Linien von den Narbenläppchen N N an bis zu den Samenknospen im Fruchtknoten Frk die Wege angedeutet, auf denen die zahlreichen Pollenschläuche bis zu ihrem Bestimmungsorte weiter wachsen müssen. In diesen Schläuchen, welche — physiologisch gesprochen — die wirklichen Begattungsorgane darstellen, wandert der generative Zellkern innerhalb weniger Stunden bis zum Eiapparat der einzelnen Samenanlage hinunter. Hat er sein Ziel beinahe erreicht, so theilt sich der generative Zellkern im Pollenschlauch unter bedeutender Streckung und Verlängerung in zwei generative Kerne. Oft tritt dies auch schon auf halbem Wege ein, so daß wir dann stets in demjenigen Theile des Pollenschlauches, der beinahe beim Eiapparat angekommen ist, zwei generative Zellkerne antreffen. Diese beiden generativen Zellkerne sind die Träger des Keimplasmas; sie enthalten die Erbmasse jenes wunderbar fein gebauten Protoplasmas, welches bei der Befruchtung vom väterlichen Theil an die mütterliche Eizelle übertreten und zu einem stofflichen Theil der Kindpflanze werden muß. Jene beiden generativen Zellkerne am Scheitel des Pollenschlauches sind die ebenbürtigen Stellvertreter der männlichen Samenzellen im Thierreich und bei den geschlechtlichen Pflanzen der Farnkräuter, Schachtelhalme und Bärlappgewächse.

Wie im Thierreich, so erfolgt auch bei den Blüthenpflanzen die eigentliche Befruchtung erst kürzere oder längere Zeit nach der Begattung.

Bei jeder Blüthe mit Fruchtknoten und Griffel, also bei den meisten Blumen unserer Felder, Wiesen und Wälder, vergeht stets

eine geraume Zeit zwischen dem Moment der Bestäubung und dem Vorgang der eigentlichen Befruchtung. Ist der Griffel sehr lang und wächst der Pollenschlauch nicht sehr rasch, so verstreichen viele Stunden, ehe der generative Zellkern bei der Eizelle angekommen ist. Bei der Türkenbundlilie (Lilium Martagon) dauert es zwanzig Stunden, ehe vom wachsenden Pollenschlauch der Weg durch den Griffel bis hinunter in den Fruchtknoten zurückgelegt ist.

Zwei Tage nach der Bestäubung der blauen Irisblüthe findet man in der Fruchtknotenhöhle schon eine Menge — oft Hunderte von Pollenschläuchen. Den Vorgang der eigentlichen Befruchtung habe ich in umstehender Fig. 9 I—III bildlich veranschaulicht.

Der Pollenschlauch Po.sch. ist mit seinem abwärts wachsenden jüngsten Theil bis zur Eizelle Ov vorgedrungen, ja, er hat sogar mit seinem Scheiteltheil sich in die Eizelle hineingestülpt. Aus den benachbarten Zellen der Samenanlage nimmt er zuckerhaltige Säfte auf; er schwillt keulenförmig an und öffnet sich nun am Scheitel S in I. Fig. 9 derart, daß einer der beiden dortliegenden generativen Zellkerne durch diese Oeffnung hinübertreten kann in das Zellenplasma der Eizelle, worauf der Pollenschlauch sich wieder schließt und somit den zweiten generativen Zellkern zurückbehält.

In der Eizelle angekommen, schwillt der generative Zellkern ♂ in I Fig. 9 rasch zu jener Größe heran, die der weibliche Zellkern ♀ in I Fig. 9 besitzt und bewegt sich gegen den letzteren hin.

In dem Augenblick, wo sich die beiden Zellkerne, der männliche Spermakern und der weibliche Eikern, berühren, sind sie beide gleich groß und durchaus gleich gestaltet. Ganz besonders ist hervorzuheben, daß die Zahl der Kernfäden, welche die Träger der väterlichen und der mütterlichen Erbmassen enthalten, bei beiden Kernen übereinstimmt. Auch besitzt der eine wie der andere der beiden Elterkerne je zwei Centrosphären.

Es ist hier auf eine vielbedeutende Thatsache noch ganz besonders aufmerksam zu machen: im Thierreich, wie in der Pflanzenwelt erscheint die Anzahl der Kernfäden im unbefruchteten Ei, wie auch in der männlichen Geschlechtszelle, welche das Ei zu befruchten hat, auf die Hälfte der Anzahl von Kernfäden **reduzirt**, die wir sonst in den nicht-geschlechtlichen Zellen der vegetativen Organe: der Wurzel, des Stammes und Laubblattes, der Muskel-, Nerven-, Knochen- und Lymphzellen des thierischen Körpers antreffen.

Nun erfolgt die Vereinigung, die Verschmelzung der beiden Elterkerne zur Erzeugung des Keimkernes oder Kindkernes, wie wir sie in II und III Fig. 9 dargestellt haben: es vereinigen sich die zwei Centrosphären des männlichen Zellkernes mit den zwei Centrosphären des weiblichen Kernes zur Bildung von zwei Centrosphären des Kindkernes. Es vereinigen sich hierauf auch die beiden Kernkörper (♂ und ♀ in II) selbst, und sie bilden zunächst eine bisquitförmige Masse, wie dies in II Fig. 9 zu ersehen ist. Dann erfolgt eine noch innigere Verschmelzung derart, daß aus beiden Kernmassen nur ein *einziger* kugeliger Zellkern, der Keim- oder Kindkern, auch

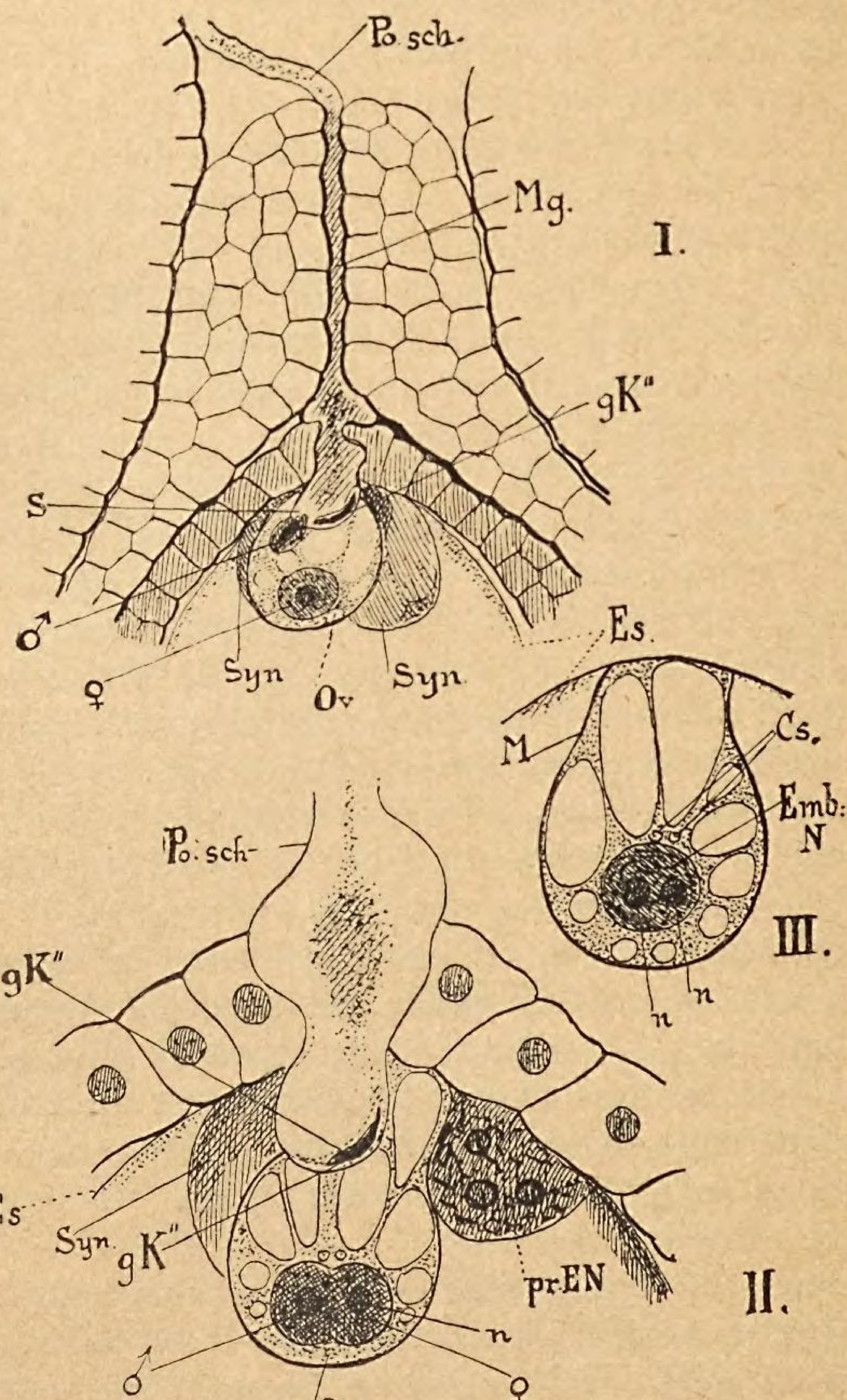


Fig. 9. I, II, III. Die auf einander folgenden Hauptstadien der geschlechtlichen Befruchtung bei den Schwertlilien.
In I Uebertritt des einen der beiden generativen Zellkerne (Spermakern ♂) aus dem Pollenschlauch in die Eizelle. In II Vereinigung des männlichen ♂ und weiblichen ♀ Zellkernes zur Bildung des in III fertig gebildeten Keim- oder Kindkernes Emb. N.
(Nach A. *Dodel*, Biologischer Atlas der Botanik für Hochschulen. Iris sibirica. Taf. VI. Fig. 1, 2, 3.)

Embryonalkern genannt, entsteht, welcher an einer Seite zwei Centrosphären Cs besitzt, im Innern aber die Kernfäden beider Elterkerne und die Kernkörperchen n n des männlichen und des weiblichen Kernes enthält.

Damit ist nun die eigentliche Befruchtung vollzogen.

Der neue Kern, der Keim- oder Embryonalkern (Emb N in III Fig. 9) ist somit aufgebaut aus den Bestandtheilen der zwei elterlichen Kerne, nämlich einerseits aus den Materialien des männlichen Spermakernes, vom Pollenschlauch herstammend, und andererseits aus den Materialien des Zellkernes der ursprünglichen Eizelle der mütterlichen Pflanze.

Durch diese Vereinigung zweierlei Plasmakörper zur Bildung eines einzigen neuen Kernes kommt also jene Stoff- und Kräftemischung zu Stande, die wir im Wesen einer jeden geschlechtlichen Pflanze, eines jeden geschlechtlichen Thieres, wie in jedem Menschenkinde als Erbmasse von väterlicher und mütterlicher Seite so lange als unverständliches Räthsel angestaunt haben.

Erst jetzt — nach den mikroskopischen Forschungen der letzten zwanzig Jahre — sind wir dahin gelangt, die Wahrheit des alten Wortes zu verstehen: **in ihren Kindern leben die Eltern fort;** denn die Kinder — gleichviel ob Thier ob Pflanze — sind Fleisch von ihrem Fleisch, Bein von ihrem Bein: das lebendige Plasma der Zellkerne im Kind ist das weiterlebende Plasma der Geschlechtszellen seiner Eltern.

Sobald die Befruchtung der Eizelle durch den männlichen Spermakern stattgefunden hat, ist der neue Keim, das Kind gezeugt. Es beginnt hierauf die Entwicklung der Keimzelle zur Bildung einer vielzelligen Pflanze durch wiederholte Kern- und Zelltheilungen bei gleichzeitig statthabendem Wachsen.

Ein Meisterstück war es der lebendigen Natur, als sie honigsuchende Insekten in den Dienst des Geschlechtslebens der Blumen gezogen hat. Denn dadurch kamen ganz neue Faktoren in den Entwicklungsgang der ganzen höheren Pflanzenwelt: es begann ein unbewußter Wettbewerb der Blumen um die Gunst der Insekten und diese letzteren hinwieder wurden unbewußt zu den auserlesensten Blumenzüchtern.

Zierliche Blumenblätter wurden in der Nähe der Geschlechtsorgane gebildet und mit allem Zauber des bunten Farbenschmelzes ausgestattet, auf daß die honignippenden Freunde weither angelockt

und zum Besuch eingeladen würden. Honigsäfte oder Nektar sollte der Göttertrank sein, der den geladenen Hochzeitsgästen kredenzt wird. Berauschende und weithin lockende Gerüche sollten vom Hochzeitsbette ausströmen und die fröhliche Lust allem fliegenden Insektenvolk verkünden, jene fröhliche Lust am Zeugen neuer Generationen, zu welchem die Thiere herbeigeladen wurden als Hochzeitsgäste ersten Ranges, Gäste des Festes der Blumenliebe.

Das ist die philosophische Wahrheit im neuentdeckten Geheimniß der Blumen. Conrad Sprengel hatte sie schon am Ende des vorigen Jahrhunderts (1793) verkündet; er blieb unbeachtet und seine Entdeckung ward vergessen und begraben, bis sie fünfzig Jahre später Charles Darwin zum siegenden Leben auferweckte.

Ganze Bücher sind darüber geschrieben worden und nun sind es Zehntausende bunter und duftender Blumen, deren Liebesräthsel von der Wissenschaft ans helle Sonnenlicht der Erkenntniß gezogen wurden.

Man kann wohl sagen: in der Auskleidung des Zeugungsvorganges bei den höheren Pflanzen ist die Natur erfinderischer gewesen, als die genialsten Kleiderkünstler unter den Menschenkindern und die Liebeslieder der Blumen reden eine herrlichere Sprache denn das Hohelied des alttestamentlichen Dichterkönigs.

Anders gestalten sich die Verhältnisse bei jenen **blüthenlosen** Pflanzen, welche sich ebenfalls geschlechtlich fortpflanzen: bei den Farnkräutern, den Schachtelhalmen, den Moosen und weiter abwärts bei manchen Algen und Pilzen. Hier treffen wir keine poetische Verkleidung an, sondern Alles liegt offen und unverhüllt zu Tage.

Bei den zahlreichen Vertretern der Bärlappgewächse, der Schachtelhalme, der Farnkräuter und der Moose entsteht die weibliche Geschlechtszelle, das Ei, im Bauchtheil eines flaschenförmigen Organs, das man Archegonium nennt, Fig. 10.

Zur Zeit, wo die Eizelle reif und bereit ist zur Befruchtung, öffnet sich der Halstheil Hw an seinem oberen Ende, um dem männlichen Protoplasma den Eingang in den Halskanal zu gestatten.

Die männlichen Fortpflanzungszellen (Spermatozoiden) entstehen in besonderen Organen, welche man Antheridien nennt; sie sind zum größten Theil aus Zellkernsubstanz zusammengesetzt

und haben verschiedene Gestalt, Fig. 11, je nachdem sie von dieser oder jener Pflanzenklasse herrühren.

Bei den einen Pflanzen sind sie keulenförmig, bei anderen Pflanzen fadenartig und dann meistens spiralig gekrümmt. Fast immer haben diese männlichen Fortpflanzungszellen, welche man Spermatozoiden oder Samenkörperchen nennt, die Fähigkeit, mit Hilfe zweier feiner oder zahlreicher haarartiger Plasmafädchen (Cilien) sich lebhaft im Wasser zu bewegen, ähnlich wie die männlichen Samenfäden der Thiere sich in der Samenflüssigkeit, Infusorien ähnlich, bewegen. (Fig. 11.)

Bei der Befruchtung der Ar-

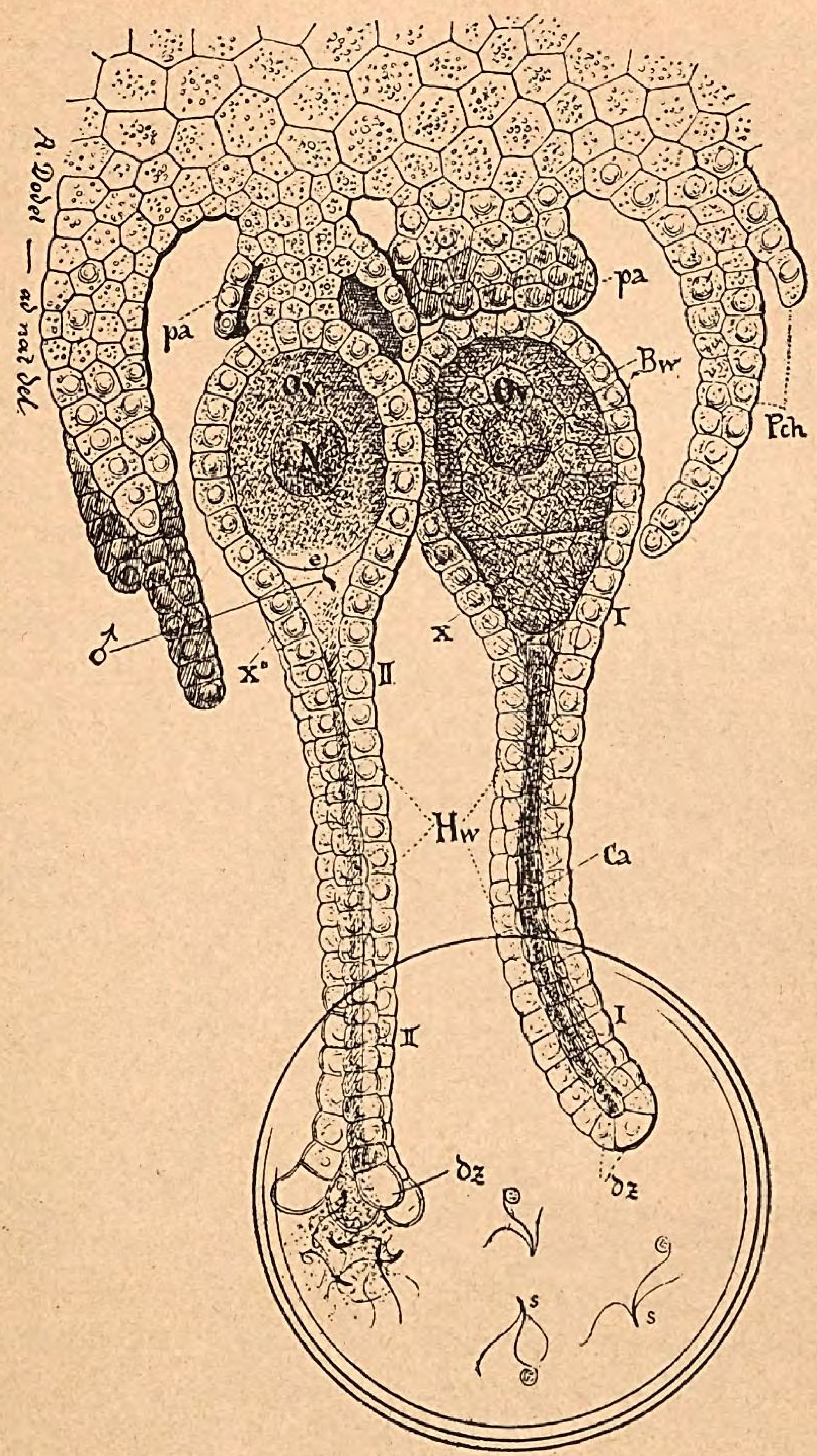


Fig. 10. Der Eibehälter (Archegonium) bei den höchstentwickelten blüthenlosen Pflanzen (Moosen und Farnen, Schachtelhalmen und Bärlappgewächsen) vor und während der Befruchtung. Am Halstheil Hw hängt ein Tropfen Wasser mit zahlreichen fädigen, sich rasch bewegenden Spermatozoiden, die sich oben am geöffneten Halstheil des Archegoniums rasch gegen den Eingang hin bewegen. Bei ♂ ein Spermatozoid, welches bereits bis zum Ei vorgedrungen ist, um in den farblosen Empfängnißfleck e einzusinken und hernach gegen den Eikern OvN vorzudringen und sich mit diesem zu vereinigen.

chegonien-bildenden Pflanzen muß stets tropfbar flüssiges Wasser vorhanden sein.

Nicht mit Hilfe von **Insekten**, wie dies bei den bunten Blumen des Feldes geschieht; auch nicht mit Hilfe des **Windes**, der

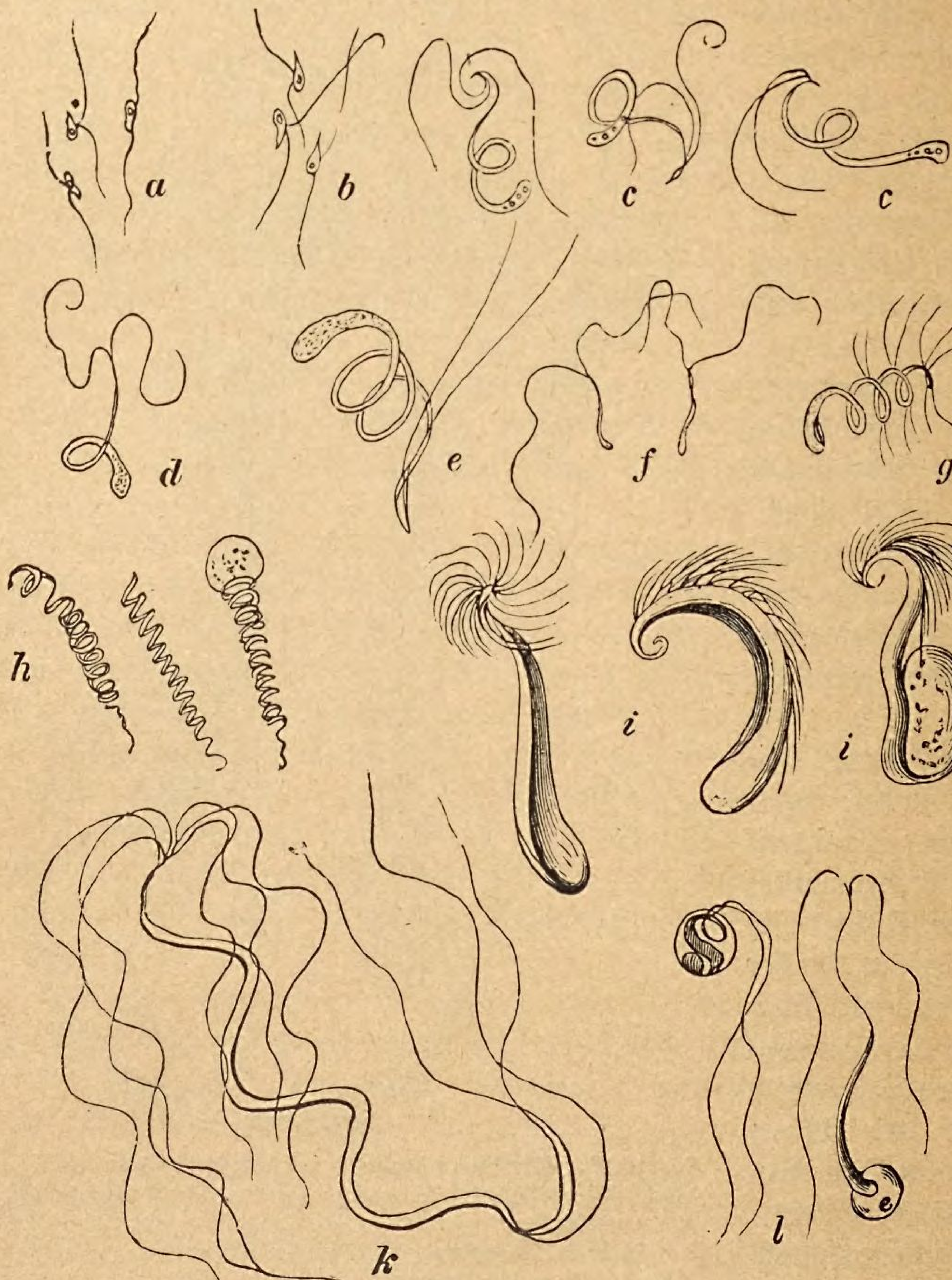


Fig. 11. Pflanzliche Spermatozoiden (männliche Geschlechtszellen). (Originalzeichnung von A. Dodel.)
a von einer Schlauchalge, b von einer Braunalge, c von einem Armleuchtergewächs, d von einem Laubmoos, e von einem Torfmoos, f vom gemeinen Lebermoos, g von einem Farnkraut, h von einem Wurzelfrüchtler, i von einem Schachtelhalm.

im Hanffeld, im Weizenacker, auf dem Rietgrassumpf und im düsteren Nadelholzwald die trockenen Blüthenstaubkörner aus den männlichen Organen hinüberträgt zu den weiblichen Blüthentheilen: sondern mit Hilfe des tropfbarflüssigen Wassers wird die Wanderung des männlichen Plasmas bei den blüthenlosen Geschlechtspflanzen zu den weiblichen Organen ermöglicht. Thau- oder Regenwasser veranlaßt die reifen Antheridien, ihren Inhalt, d. h. die zahlreichen Spermatozoiden zu entleeren. Im Thau- oder Regentropfen gelangen diese beweglichen Plasmagebilde hinüber zu den geschlechtsreifen Archegonien (Fig. 10), die sich bei Anwesenheit von Wasser nun ebenfalls öffnen, indem sie aus dem Kanal des Halstheiles H eine schleimartige Substanz nach Außen abgeben und dadurch den Zutritt zum Ei ermöglichen.

Vom Pflanzenphysiologen P f e f f e r ist gezeigt worden, daß beim Oeffnen der geschlechtsreifen Archegonien eine chemische Substanz in den Wassertropfen nach Außen tritt, welche Substanz auf alle Spermatozoiden, die in der Nähe herumschwärmen, einen Einfluß derart ausübt, daß diese männlichen Geschlechtszellen sich gegen den Eingang zum Archegoniumhals hinbewegen, wo die Lösung jener richtungsbestimmenden Substanz am konzentrirtesten ist. Bei den Farnkräutern ist diese „lockende“ Substanz der Archegonien eine der Apfelsäure ähnliche oder mit ihr identische chemische Verbindung. Bei anderen Pflanzen wirkt Zucker „lockend“ auf Spermatozoiden, ähnlich wie Zucker die Wachsthumsrichtung der Pollenschläuche mancher Pflanzen, z. B. von Iris sibirica bestimmt.

Sobald ein Spermatozoid die Oeffnung des Archegoniumhalses (Fig. 10) erreicht hat, so bewegt es sich in der Folge abwärts durch den schleimführenden Kanal bis zur Eizelle im Bauchtheil des weiblichen Organs. Am Scheitel der kugeligen Eizelle findet sich meistens ein farbloser, durchsichtiger Plasmatheil, den man E m p f ä n g n i ß f l e c k genannt hat. Dort angelangt sinkt das Spermatozoid (♂ in Fig. 10) in die Plasmamasse der Eikugel ein, um sich bald darauf als m ä n n l i c h e r S p e r m a k e r n mit dem Eikern zu vereinigen. Das Produkt dieser Vereinigung ist ein K e i m k e r n oder Embryonalkern; das befruchtete Ei wird zur neuen Pflanze, die im ersten Stadium, unmittelbar nach ihrer Zeugung nur eine einzige Zelle darstellt, welche in Gestalt und Größe und Aussehen ganz ähnlich erscheint den befruchteten Eizellen einer höheren Pflanze oder eines Thieres.

So haben wir denn auch bei den blüthenlosen Pflanzen höherer Ordnungen als wesentlichen Inhalt der geschlechtlichen Zeugung die Vereinigung einer verhältnißmäßig großen Eizelle mit einer sehr kleinen Portion männlichen Protoplasmas zur Bildung eines neuen Zellkernes, des Keimkernes.

Vor dem Auge des Physiologen ist die geschlechtliche Zeugung im Wesentlichen dieselbe bei der sturm- und wetterharten Eiche, wie beim zarten Lebermoospflänzchen, das die knorrige Rinde des Waldbaumes mit zierlichem Rasen schmückt.

Steigen wir im Pflanzenreich zu den noch einfacheren Formen von Gewächsen hinunter, wo wir nicht einmal Stamm und Blätter unterscheiden können: so begegnen wir einer recht bunten Mannigfaltigkeit der Zeugungsvorgänge.

Immer aber ist das Wesen der geschlechtlichen Zeugung auch da unten, im Reich der niederen Pilze und bei vielen Algen: die Vereinigung eines männlichen Zellkernes mit einem weiblichen Zellkern zur Bildung eines einzigen Kindkernes. In der Regel ist die weibliche Geschlechtszelle, das Ei, sehr groß, beladen mit Ernährungsplasma, daher unbeweglich, ruhend, abwartend; dagegen erscheint die männliche Fortpflanzungszelle sehr klein, oft Tausende mal kleiner als die Eizelle, nicht mit Ernährungsplasma belastet, sondern fast ausschließlich aus Zellkernsubstanz zusammengesetzt; daher ist das Spermatozoid mit Hilfe seiner Wimpercilien leicht im Stande, schnelle Bewegungen auszuführen und rasch vom Fleck zu kommen, also sehr geeignet, die Eizelle aufzusuchen.

Aber an der unteren Grenze des pflanzlichen Geschlechtslebens sind die Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Geschlechtszellen derart verwischt, daß wir nicht mehr sagen können, welche der beiden sich vereinigenden Zellen die männliche, welche die weibliche ist. Ich habe einen berühmt gewordenen Fall dieser Art im Jahre 1875 genauer untersucht und beschrieben: er betrifft die Kraushaaralge (Ulothrix zonata), bei welcher die beiderlei zusammentretenden und kopulirenden Zellen nichts Anderes darstellen als kleine, nackte Plasmaklümpchen von gleicher Gestalt, gleicher Größe, gleicher Beweglichkeit und absolut gleichem Verhalten. Zwei solcher thierähnlich schwärmenden Geschlechtszellen vereinigen sich im Wasser zur Bildung eines ganz neuen Pflänzchens, zu welchem der Vater genau ebenso viel Plasma beiträgt als die Mutter. Aber wir können bei jener Alge und einigen verwandten

Pflanzen nicht sagen, welche Geschlechtszelle väterlichen und welche Zelle mütterlichen Ursprunges ist, da Vater und Mutter, Eizelle und Spermatozoid sich so ähnlich sehen wie ein Ei dem anderen. Es sind bei jener Untersuchung noch eine ganze Menge anderer erstaunlicher Thatsachen zu Tage getreten, welche alle darauf hinweisen, daß das Liebesleben als Geschlechtsleben auf unserem Planeten mit jenem einfachen Vorgang begonnen hat, den man in der Botanik schlechtweg nur die Kopulation zweier Schwärmsporen nennt.

Da dieser Fall, der denkbar einfachste, seither in allen guten Lehrbüchern der Botanik in Wort und Bild behandelt worden ist, so verzichte ich an dieser Stelle auf eine genauere Besprechung desselben. Ich will hier nur den Einen Gedanken in den Vordergrund stellen: Das ganze Geschlechts- und Liebesleben der Pflanzenwelt nahm aus einfachsten, fast zufällig zu nennenden Vorgängen seinen primitiven Ursprung und machte in langsamer Entwicklung durch Jahrhunderttausende hindurch seinen nachweisbaren Fortschritt von der nacktesten Prosa zur märchenhaften Poesie in der traumhaften Schönheit der lebendigen Blumenwelt.

Dieselbe Wahrheit begegnet uns im anderen Reich der Forschung: in der Thierwelt.

Auch im Thierreich finden wir als unterste Stufe geschlechtlicher Zeugung die Kopulation (Vereinigung) zweier ganz gleichartiger Geschlechtszellen, von denen sich nicht entscheiden läßt, welche die männliche und welche die weibliche zu nennen ist.

Bei den zierlichen Infusionsthierchen, die ja zu Tausenden in einem Wassertropfen Platz haben, erfolgt die rascheste Vermehrung auf dem Wege einfacher Theilung, wobei jedes einzelne Individuum in zwei ganz gleichartige Hälften zerfällt. Jede Hälfte wächst selbständig und wird zu einem Individuum, das ganz dem Mutterthierchen gleicht und sich ebenfalls — oft nach wenigen Stunden seines Daseins — in zwei gleiche Hälften, in zwei neue Individuen theilt. Dieser Vorgang wird die ungeschlechtliche Vermehrung durch Theilung genannt. Er kann sich innerhalb 6 Tagen 12—13 mal wiederholen, so daß unter günstigen Bedingungen innerhalb 6 Tagen die Nachkommenschaft eines einzigen Infusionsthierchens 4096 bis 8192 Individuen zählen kann.

Nun haben aber die beiden Mikroskopiker Richard Hertwig und Maupas durch Züchtungsversuche gezeigt, daß diese Art der

Fortpflanzung bei den untersuchten Infusorienarten nicht ins Unendliche fortgesetzt wird, daß vielmehr nach einiger Zeit Zeichen der Schwäche und des Unvermögens eintreten und schließlich Absterben der ganzen Nachkommenschaft eintritt, wenn die andere Art der Fortpflanzung, nämlich die Kopulation (Paarung) verhindert wird. Die Zahl der aufeinander folgenden ungeschlechtlichen Vermehrungen durch Zweitheilung kann sich bei den einen Infusorien blos 120mal, bei anderen 140mal, bei einer dritten Art 300mal wiederholen, worauf dann **Paarung** eintreten muß oder aber Absterben erfolgt.

Für den Mikroskopiker hat diese rasche Vermehrung durch 120mal sich wiederholende Zell- und Kerntheilung nichts Ungeheuerliches, obschon dabei sich für die Gesammtzahl der Abkömmlinge von einem einzigen Infusionsthierchen ganz immense Zahlen ergeben. Der Laie wird sich davon kaum einen rechten Begriff machen, selbst wenn er herausfindet, daß bei der einhundertmal wiederholten Zweitheilung ein Heer von Abkömmlingen = 1000 000 000 000 000 000 000 000 000 000, bei der 120. Generation aber eine Nachkommenschaft resultirt, welche noch 1000 000mal größer ist. Aber für uns Alle erscheint die Thatsache als vielbedeutsam, daß das Leben und die Vermehrungskraft des Zellkernes bei unausgesetzter Zweitheilung nach einer begrenzten Reihe von Generationen **geschwächt** wird und schließlich ein Ende nehmen müßte, wenn nicht wieder eine **Auffrischung** durch die Kopulation mit einem anderen Zellkern eintreten würde.

Diese Thatsache — an mikroskopischen Thieren konstatirt — ist so eminent wichtig, daß sie einen grellen Lichtstrahl auf das große Geheimniß des Lebens und der Liebe aller geschlechtlichen Kreaturen wirft. Wir wissen nun ganz bestimmt, daß das geschlechtslose Vermehren der lebendigen Zellen — von den Infusorien an aufwärts bis zu den höchsten Thieren — nicht nur, wie die Erfahrung lehrt, eine natürliche Grenze hat, sondern daß durch die geschlechtslose Vermehrung der Zellen bei fortgesetzter Kerntheilung gerade der wichtigste Theil der lebendigen Zelle, eben der Zellkern einem Marasmus senilis, einer Altersschwäche anheimfällt.

Unser eigener lebendiger Körper geht aus einer einzigen Zelle, einer befruchteten Eizelle, hervor. Er besteht beim ausgewachsenen Menschen aus vielen Milliarden Zellen, die alle durch fortgesetzte

Kern- und Zelltheilungen aus jener einzigen ersten Zelle, der befruchteten Eizelle, hervorgegangen sind. Diese unzähligen Zellen repräsentiren ein Heer von Infusorien, die aber zum Unterschied von den wirklichen Infusorien nach ihrer Entstehung nicht auseinanderweichen, sondern in mehr oder weniger innigem Zusammenhang bleiben, wie dies bei allen höheren Thieren und Pflanzen beim Wachsen und bei der Zellvermehrung durch Theilung in ähnlicher Weise beobachtet wird.

Gleichwie nun die Zellenleiber der Infusorien sich nur in einer begrenzten Zahl von geschlechtslosen Theilungsvorgängen vermehren können, worauf dann die Auffrischung des Zellkernes durch einen Geschlechtsvorgang, durch die Vereinigung mit einem anderen Zellkern zu erfolgen hat, wenn das Leben der Infusorienart fortzudauern hat: gerade so nothwendig erscheint dem Biologen die gesetzmäßige Wiederkehr einer Zellkernauffrischung durch den Vorgang der geschlechtlichen Befruchtung bei den höheren Pflanzen und Thieren. Dieser Vorgang ist von fundamentaler Bedeutung für das Verständniß des Lebenszyklus. Er bildet den Ausgangs- und den Endpunkt einer unabsehbaren Reihe von Zelltheilungen während der allmäligen Entwicklung des einzelnen höheren Thieres, des einzelnen Menschen aus der befruchteten Eizelle bis zur Ausreifung neuer Geschlechtszellen im herangewachsenen vielzelligen Individuum. Darin liegt der wesentlichste Theil der Grenzmarkung zwischen Generation und Generation. Für die Oekonomie der lebendigen Natur ist der Lebensabschnitt zwischen der befruchteten keimenden Eizelle einerseits und der Hervorbringung und Ausreifung neuer Geschlechtszellen andererseits der wichtigste, der maßgebendste, der verheißungsvollste.

Im Staatshaushalt der neuzeitlichen Völker und Nationen wird dies viel zu wenig beachtet. Ganze Nationen werden am Mißkennen dieser Thatsache in Zerfall gerathen und untergehen.

Auffallend ähnlich wie im Pflanzenreich erfolgt die Befruchtung der Eizellen im Thierreich.

Die männlichen Fortpflanzungszellen sind im Thierreich auffallend ähnlich gebaut wie bei manchen Pflanzen. Der Leser wolle nur unsere beiden Figuren 11 und 12 miteinander vergleichen. In beiden Fällen sind es farblose, zum größten Theil aus der Substanz von Zellkernfäden (Nucleïn oder Chromatin) bestehende nackte Plasmakörperchen von mikroskopischer Kleinheit und von lebhafter

Beweglichkeit. Das thierische Spermatozoid (Samenthierchen, Samenkörperchen) besitzt aber meistens nur eine Flimmergeißel, die als schwanzartiger Anhang des dickeren, vorderen Theiles, des Kopftheiles erscheint. Letzterer besteht nach den neuesten Untersuchungen aus demjenigen Protoplasma des Zellkerns, der große Mengen Farbstoff aufzunehmen vermag und als Träger des Keimplasmas mit den vererbbaren Eigenschaften anzusehen ist. — Diese Samen-

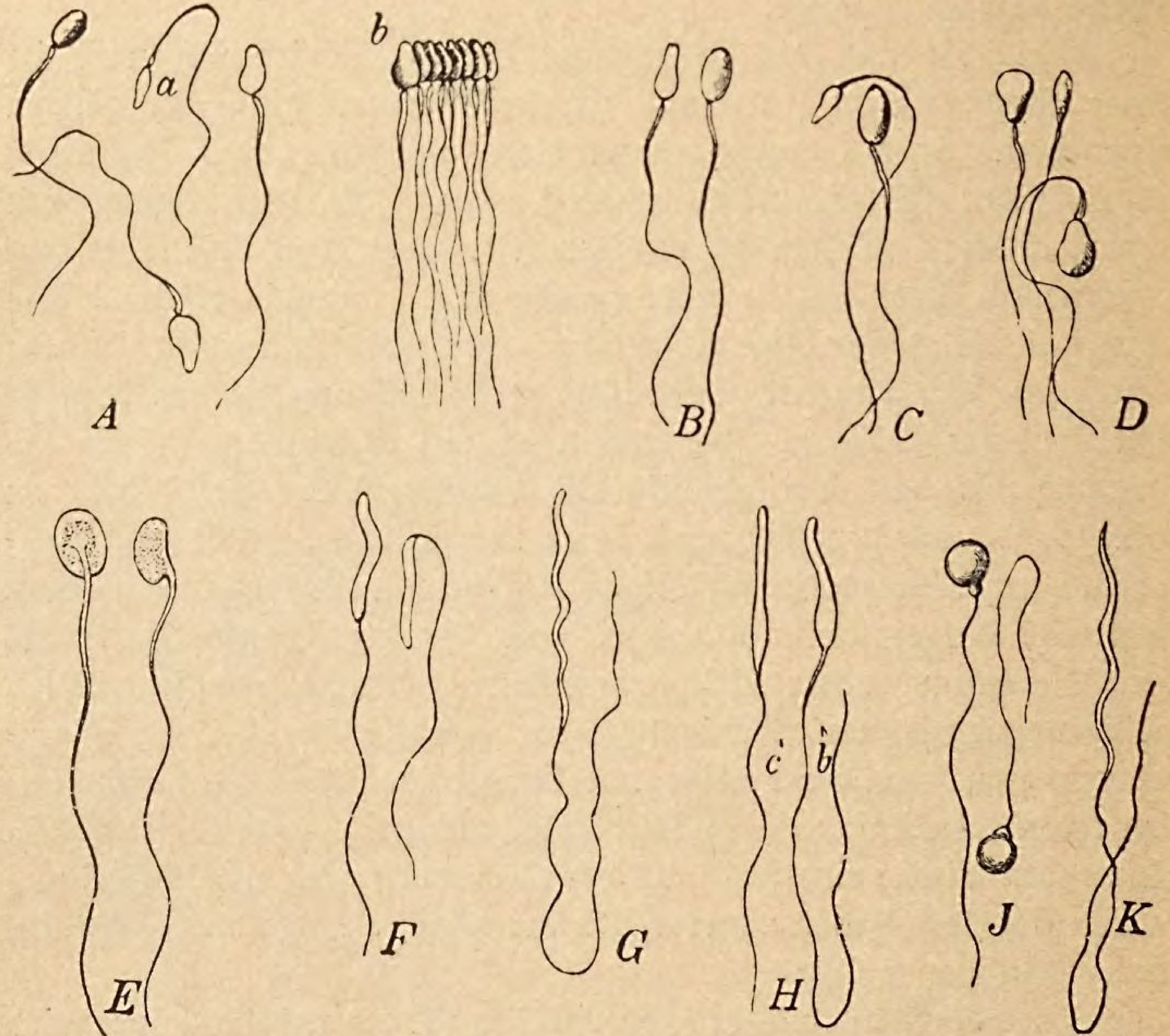


Fig. 12. Spermatozoiden von verschiedenen Wirbelthieren.
A vom Menschen, B vom rothen Affen (Cercopithecus ruber), C vom Hauskater, D vom Haushund, E von der Fledermaus, F vom Grünspecht, G von der Schwarzdrossel, H von der Natter und vom Frosch, J vom Wetterfisch, K vom Zitterrochen.

körperchen werden in den männlichen Organen aller höheren Thiere in solcher Zahl erzeugt, daß viele Millionen derselben auf je eine befruchtungsfähige Eizelle kommen. Sie werden bei der Vereinigung der beiderlei Thiere, bei der sogenannten Begattung, meist mit Gewalt aus dem Begattungsorgan entleert im Verein mit einer Flüssigkeit, in welcher die zahllosen Samenkörperchen schwimmen und

zierliche Bewegungen ausführen, ähnlich wie die Spermatozoiden der Pflanzen.

Ueber die Zahl der Geschlechtszellen beim Menschen schwanken die Angaben; in allen Fällen ergeben sich riesige Zahlen.

Von den circa 72 000 im menschlichen Eierstock vorgebildeten Eiern gelangen nur circa 400 in das empfängnißfähige Entwicklungsstadium. Auf jedes von diesen 400 empfängnißfähigen Eiern, die den Graafschen Follikel verlassen, entfallen an gleichzeitig erzeugten und zur Ausstoßung gelangenden männlichen Fortpflanzungszellen etwa 8500 Millionen Spermatozoiden, das Gesammt-Ejaculat auf 226 Millionen ermittelt.* (Vergl. Merckel und Bonnet, Ergebnisse der Anatomie und Entwicklungsgeschichte, Band I, pag. 206/7.)

Meist wird diese Samenflüssigkeit direkt in den weiblichen Körper der höheren Thiere eingeführt; dort bewegen sich die Spermatozoiden dem der Befruchtung harrenden Ei entgegen. Die Vereinigung mit der Eizelle erfolgt aber meistens erst mehrere Stunden, oft mehrere Tage, ja sogar erst Wochen oder Monate nach der Begattung. Die Befruchtung der Eizelle findet also nicht gleichzeitig mit der Vereinigung beider Geschlechter statt und erfolgt erst beim Eindringen eines Samenkörperchens in die Masse des Eies.

Die Kleinheit der männlichen Fortpflanzungszellen übertrifft die Kleinheit fast aller anderen Zellen, die den Leib des Thieres bilden helfen; sie war die Ursache, daß man diese wichtigsten aller Zellen des männlichen Thieres erst nach der Erfindung des Mikroskopes entdecken konnte. Es geschah dies im Jahre 1677 durch den Medizinstudenten Hamm in Leiden. Die Entdeckung verursachte riesiges Aufsehen und alsbald bemächtigte sich die abenteuerlichste Phantasie dieser armen Zellchen: Hatte man lange Zeit geglaubt, daß der Geruch es sei, welcher der Samenflüssigkeit die Fähigkeit verleihe, Eier zu be-

* Die Zahl der in einem Kubikmillimeter Samenflüssigkeit enthaltenen menschlichen Spermatozoiden wurde im Mittel auf 60 876 berechnet. Ich bringe hier Dinge zur Sprache, welche nur den Repräsentanten einer verheuchelten und im Grunde genommen verdorbenen Generation der Kulturmenschheit anstößig erscheinen können. Wie viel Elend, Verzweiflung und Noth aller Art ist aus der grauenhaften Unkenntniß geschlechtlicher Dinge über die verlogen lebende und verlogen redende Menschheit gekommen. Das muß anders werden. Wissen macht frei und macht rein. Dem Reinen ist Alles rein und nur dem Unreinen kann anstößig sein, was die Natur auf ihren höchsten Altar gestellt hat.

fruchten, so kamen nun einige Träumer auf die Idee, es seien die Samenthierchen (Spermatozoiden) eigentlich selbst die leibhaftigen Menschenkeime, die sich nur noch im Leib der Mutter weiter zu entwickeln, zu wachsen brauchten, um vollends als Säuglinge ans Licht der Welt zu kommen. Man hatte allerdings damals noch sehr unvollkommene Instrumente zur Hand; man sah aber doch ganz wohl, daß diese Körperchen einen Kopftheil und ein fädiges Schwänzchen besitzen. So dichtete man dem Kopftheil einen Rumpf mit Armen und Beinen an, zeichnete das Phantasiegebilde auf Papier und gab ihm (Fig. 13 A) die Gestalt, welche das Kind im Mutterleib gelegentlich durchmacht. Eine Theorie lehrte von da ab lange Zeit allen Ernstes, daß also die Menschen und höheren Thiere in erster Instanz vom Vater abstammen und die Mutter nur die Rolle des „guten Nährvaters“ spiele. — Ja, man ging noch weiter und lehrte, daß im Samen Adams auch schon die Keime aller anderen nach ihm gekommenen und in weitere Zukunft noch kommenden Menschenkinder vorgebildet und ineinander geschachtelt vorhanden gewesen sein müssen. Dieser Theorie gegenüber machte sich eine andere geltend: es sei das Ei, welches alle menschlichen oder thierischen Organe schon vorgebildet enthalte; die Stammmutter Eva habe alle Menschen des ganzen Erdballes schon vorgebildet und ineinander geschachtelt mit sich herumgetragen und in ihren Kindern bei deren Geburt im ersten Grade auseinander geschachtelt. Beide Theorien hatten ihre namhaften Vertreter und wir sind weit davon entfernt, uns über die eine oder andere dieser abenteuerlichen

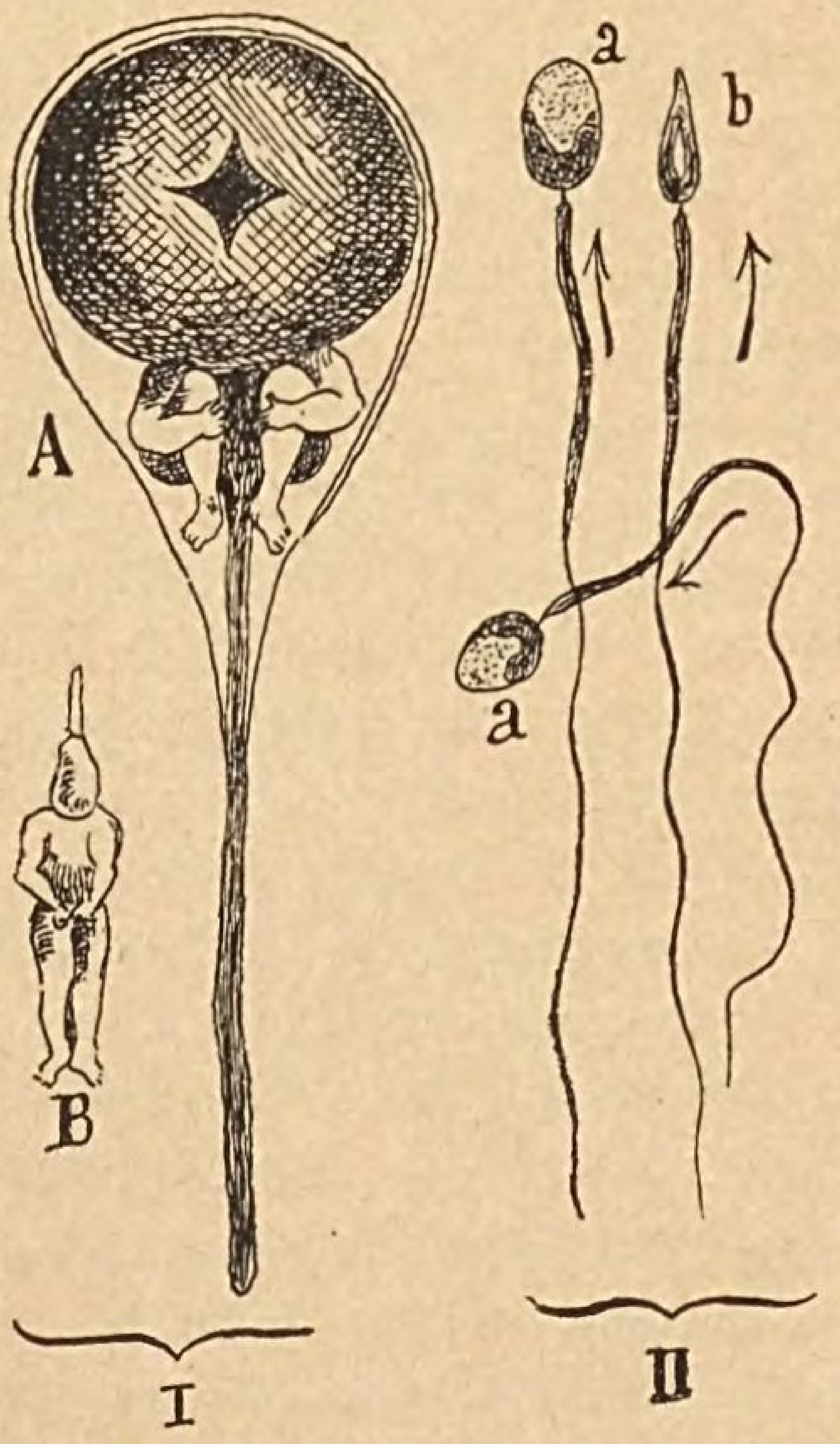


Fig. 13 I. Abenteuerliche Darstellungen menschlicher Samenkörperchen kurz nach der Entdeckung der Spermatozoiden. Nach Hartsoekers Essay de Dioptrique, Paris 1694. Fig. 13 II. Wahre Gestalt derselben Samenkörperchen, a von der Breitseite, b von der Schmalseite gesehen. Die in der Fig. II eingezeichneten Pfeile geben die Richtung an, in welcher sich die Samenkörperchen bewegen.

Lehren lustig zu machen. Sie sind ein alter Beweis dafür, daß die Frage vom Werden und Vergehen immer wieder die alten Reize entfaltet und die genialsten Köpfe anzuregen vermag, über die Grenzen des Sinnlichwahrnehmbaren hinauszudenken.

Erst im Jahre 1827 hat Karl Ernst von Bär das wirkliche Ei der Säugethiere entdeckt, nachdem man lange Zeit etwas ganz Anderes dafür angesehen hatte. — Seither, im Verlaufe weniger Jahrzehnte, sind der Untersuchungen so viele angestellt worden, daß wir heute über den Aufbau der Eizellen niedriger und höherer Thiere im Wesentlichen orientirt sind.

Das thierische Ei besteht ganz ähnlich wie die pflanzlichen Eizellen aus zwei wesentlich verschiedenen Theilen, nämlich dem Eikern oder Keimbläschen, welcher die Erbmasse des Idioplasmas enthält, und dem aus gewöhnlichem Protoplasma nebst Reservestoffen (Fett und Eiweißsubstanzen) bestehenden Dotter.

Der Eikern, d. h. der Zellkern des thierischen Eies ist schon längere Zeit bekannt, erhielt aber früher, bevor man die Zellennatur des Eies richtig erkannt hatte, den Namen Keimbläschen. Er ist der kleinere, aber der wichtigste Theil des Eies und im Wesentlichen ähnlich gebaut wie der pflanzliche Eikern. Der Dotter, in welchem der Eikern eingebettet erscheint, ist bei den verschiedenen Thieren ungleich groß und von seiner Massengröße hängt zumeist die Gesammtgröße des Eies ab, die ja bekanntlich bei den Vögeln und bei den Reptilien das Millionenfache von der Eigröße eines Wurmes oder eines Insektes betragen kann. Der Dotter liefert das Nahrungsmaterial für den Aufbau des Keimes, welcher bei der geschlechtlichen Befruchtung erzeugt wird. Bei den Vögeln enthält das Ei bekanntlich so viel Nahrungsmaterial, daß der Inhalt des befruchteten Eies mit Zuhilfenahme eines Theiles der Eischale hinreicht zum Aufbau eines ganzen Vogels, des aus der Schale schlüpfenden Küchleins. Bei den Säugethieren dagegen (mit Einschluß des Menschen) erreicht das Ei nur die Größe von ca. $^1/_5$ Millimeter. Der Dotter ist hier nur wenig massig und reicht nur für den Aufbau der ersten Keimanfänge hin. Die zur weiteren Entwicklung nothwendigen Baumaterialien des Keimes (des jungen Thieranfanges, des menschlichen Embroys) hat daher der weibliche Körper zu liefern, in dessen Innern die verhältnißmäßig kleine Eizelle befruchtet wurde.

Es ist hier ganz speziell hervorzuheben, daß bei allen höheren Thieren die Baumaterialien zum Aufbau des geschlechtlich erzeugten

jungen Thieres bis zu einem gewissen Reifestadium des letzteren ausschließlich vom mütterlichen Körper geliefert werden. Das gilt ausnahmslos für die ganze Entwicklungszeit des jungen Wesens bis zu seiner Geburt. Der väterliche Organismus ist bei dieser oft fast riesengroßen Leistung gar nicht bethätigt.

Daß man diese natürliche Wahrheit bei der Erziehung unserer Kinder in Haus und Schule der Jugend mit aller Aengstlichkeit vorenthält und an Stelle der Wahrheit einfältige Märchen setzt, welche die Kinder hinter das Licht führen: das ist auch eine von den sieben Todsünden unserer modernen Kultur, eine doppelte Todsünde, weil sie zunächst der Wahrheit ins Gesicht schlägt und zu gleicher Zeit dem Weib, der Mutter, ein Verdienst abspricht, das von ihren Kindern niemals zur rechten Zeit entdeckt wird. Unter dem Deckmantel prüder Schamhaftigkeit hat man dem kindergebärenden und kinderernährenden Weib das Recht genommen, seine eigene Bedeutung für Familie, Volk und Staat angesichts ihrer eigenen Kinder ins Licht zu setzen. Die elende Lüge vom Storch, der die wirkliche Mutter zur Kindsmagd degradirt, diese elende Lüge, in Wort und Bild und gleißenden Farben so herrlich aufgeputzt, ist der richtige Gradmesser unserer Niedertracht geworden, mit der wir dem Weib das Maß unserer Ungerechtigkeit füllten. — Eine neue Zeit wird auch darin Wandel schaffen.

Der Vorgang der Befruchtung thierischer Eizellen ist in verschiedenen Abtheilungen des Thierreiches beobachtet und in einigen Fällen bis in die kleinsten Einzelheiten verfolgt worden. Dabei hat sich ergeben, daß der wesentlichste Theil des Befruchtungsvorganges auch im Thierreich darin besteht, daß der Zellkern einer männlichen Geschlechtszelle in die Eimasse eindringe und in all seinen Theilen eine Paarung eingehe mit den entsprechenden Kerntheilen der Eizelle, so daß dabei aus der Verschmelzung beider Elterkerne ein neuer Kern, der Keimkern oder Embryonalkern, oder wie die Zoologen sagen, der erste Furchungskern entstehe.

Bei den Seesternen treten die Eier vor der Befruchtung ins Meerwasser aus und werden dieselben außerhalb des lebendigen Thierleibes befruchtet, ähnlich wie bei den Fischen und ähnlich wie bei den Ledertangen des Meeres.

Der Mikroskopiker hat es daher in der Hand, die Befruchtungsvorgänge bei den Seesternen künstlich herbeizuführen. „Er braucht nur von einem Weibchen reife Eier in einem Uhrschälchen mit

Wasser zu sammeln, desgleichen in einem zweiten Uhrschälchen reifen Samen von einem Männchen und dann in geeigneter Weise beide zu mischen. In dieser Weise wird die künstliche Befruchtung in der Fischzucht vielfach praktisch geübt.

Wenn man nun aus dem Eierstock eines Seesternweibchens reife Eier in ein Uhrschälchen mit Meerwasser entleert, und eine geringe Menge von Samenflüssigkeit hinzufügt, so erhält man ein sehr gleichmäßiges Resultat, indem von vielen Hunderten oder Tausenden von Eiern ein jedes binnen fünf Minuten in normaler und bei starker Vergrößerung genau zu verfolgender Weise befruchtet wird. (Fig. 14.)

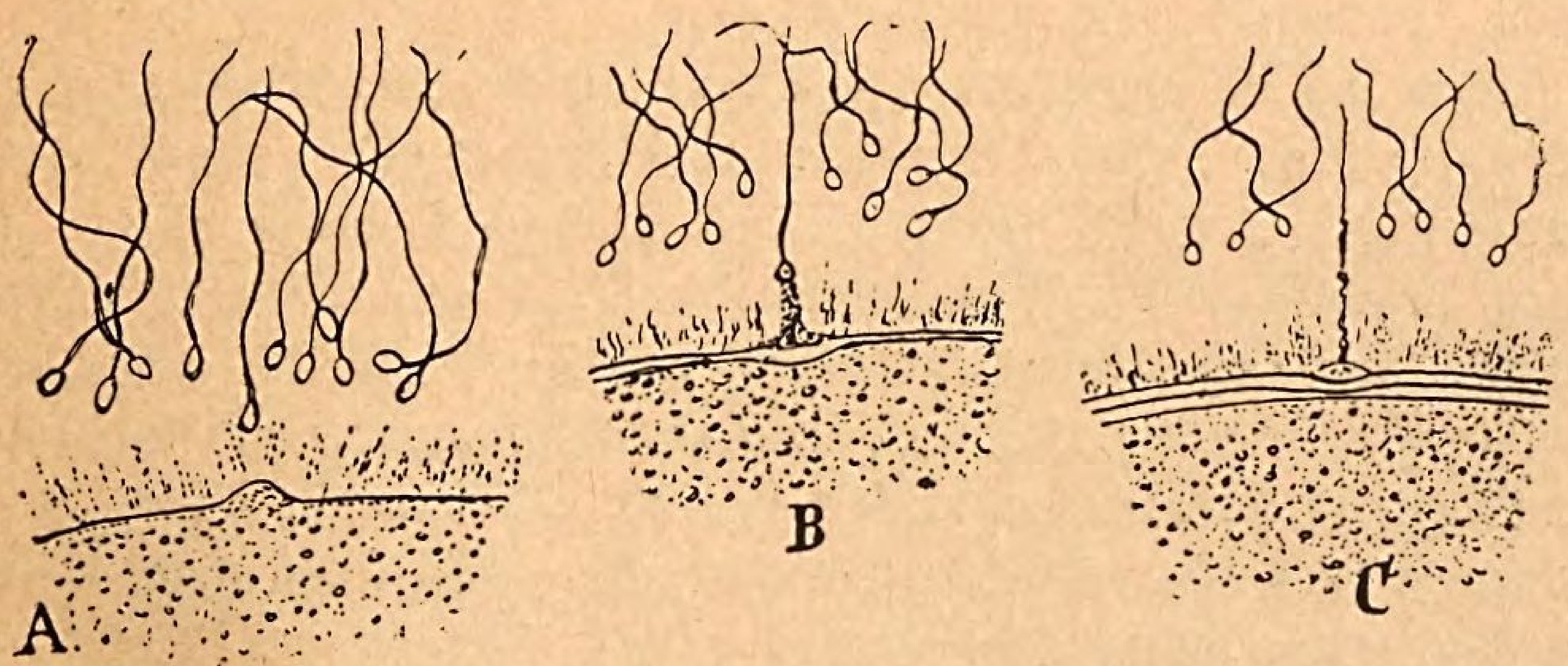


Fig. 14. Die ersten Vorgänge bei der Befruchtung von Eiern eines Seesternes (Asterias glacialis).

Die fadenförmigen Spermatozoiden sind in lebhafter Bewegung bereits in die Schleimhülle, welche die Eier überzieht, eingedrungen. In A beginnt sich eine höckerartige Erhebung von Eiplasma gegen den am weitesten vorgedrungenen Samenfaden zu bilden. In B sind Samenfaden und höckerartige Erhebung bereits miteinander in Berührung gekommen. In C ist das Samenkörperchen schon in die Eimasse eingedrungen. Es hat sich jetzt eine Dottermembran mit einer kraterförmigen Oeffnung gebildet.

(Nach Oskar Hertwig, Entwicklungsgeschichte des Menschen. II. Aufl. pag. 32.)

Obwohl an die gallertige Hülle eines Eies sich sehr zahlreiche, bei Anwendung starken Samens viele Tausend Samenfäden ansetzen, so befruchtet von diesen Spermatozoiden doch nur ein einziges und zwar dasjenige, welches sich zuerst dem Ei durch die peitschenförmigen Bewegungen seines schwanzartigen Plasmafadens genähert hat. Wo dieses Spermatozoid mit der Spitze seines Kopfes an die Ei-Oberfläche anstößt, erhebt sich daselbst sofort die helle, oberflächlich ausgebreitete Plasmaschicht zu einem kleinen, oft in eine feine Spitze verlängerten Höcker, zu dem sogenannten Empfängnißhügel, an welchem sich das Spermatozoid unter pendelnden Be-

wegungen seines Schwanzanhanges in das Ei einbohrt.“ (Fig 14, A und B.)

Gleichzeitig löst sich von der ganzen Oberfläche des Dotters, vom Empfängnißhügel beginnend, eine feine Membran — die Dotterhaut — ringsum ab und es wird der Zwischenraum zwischen Eidotter und Dotterhaut mit einer klaren Flüssigkeitsschichte erfüllt. Für den Befruchtungsvorgang scheint diese Dotterhaut die Bedeutung zu haben, daß, wenn sie vom Dotter getrennt ist, ein Eindringen anderer Spermatozoiden unmöglich gemacht ist. Jedenfalls gelangt jetzt von den anderen in der Gallerthülle hin und her schwingenden Samenzellen keine einzige mehr in das befruchtete Ei hinein.

Das ins Ei eingedrungene Spermatozoid erfährt hierauf eine Reihe weiterer Veränderungen: Der immer noch nach Außen vorragende, fädige Schwanztheil des Spermatozoids hört nun auf, sich geißelartig zu bewegen und wird alsbald undeutlich, endlich unsichtbar; aus dem ins Ei gedrungenen Kopftheil der männlichen Geschlechtszelle aber, der aus den wichtigsten Theilen eines Zellkernes gebildet wurde, entwickelt sich alsbald ein sehr kleines, dann etwas größer werdendes, rundliches oder ovales Körperchen, der sogenannte Samen- oder Spermakern (Fig. 15 sk). Dieser rückt langsam in den Dotter tiefer hinein, wobei er auf das Protoplasma der Umgebung sichtbarlich eine Wirkung ausübt; denn wir sehen eine strahlenförmige Anordnung rings um den Spermakern sich geltend machen, wie in unserer Fig. 15 A angedeutet ist. Diese Strahlenfigur ist Anfangs klein, wird aber nach und nach größer und erreicht schließlich eine Ausdehnung, welche auf eine Wirkung in alle Theile der Eimasse schließen läßt.

„Jetzt beginnt eine interessante Erscheinung das Auge des Beobachters zu fesseln. Eikern und Spermakern üben gleichsam eine Anziehung auf einander aus und bewegen sich mit wachsender Geschwindigkeit einander entgegen. Der Samenkern (sk), von seiner Plasmastrahlung umhüllt, verändert hierbei rascher seinen Ort, langsamer der Eikern ek. Bald treffen sich beide entweder in der Mitte des Eies oder wenigstens in ihrer Nähe (Fig. 15 B); sie werden von einer gemeinsamen, nunmehr über die ganze Dottermasse ausgedehnten Strahlung umschlossen, legen sich fest aneinander, platten sich an der Berührungsfläche ab und verschmelzen schließlich untereinander.“ Das Produkt ihrer Verschmelzung stellt den ersten

Zellkern des geschlechtlich gezeugten Thieres, den sogenannten ersten Furchungskern oder Keimkern (Embryonalkern) dar. Er ist der Ausgangspunkt einer langen Reihe von Zelltheilungs- und Wachsthumsvorgängen, die während der Weiterentwicklung des Keimes zum fertigen, später selbst zeugungsfähigen Thiere führen.

Ganz ähnlich gestalten sich die Befruchtungsvorgänge nicht allein bei den anderen mit dem Seestern verwandten Stachelhäutern, sondern auch bei jenen Thieren, wo die männlichen Fortpflanzungszellen durch Begattung in den weiblichen Körper eingeführt werden müssen und wo die Befruchtung der Eier im Innern des mütterlichen Leibes stattzufinden hat. Genau untersucht sind diese Be-

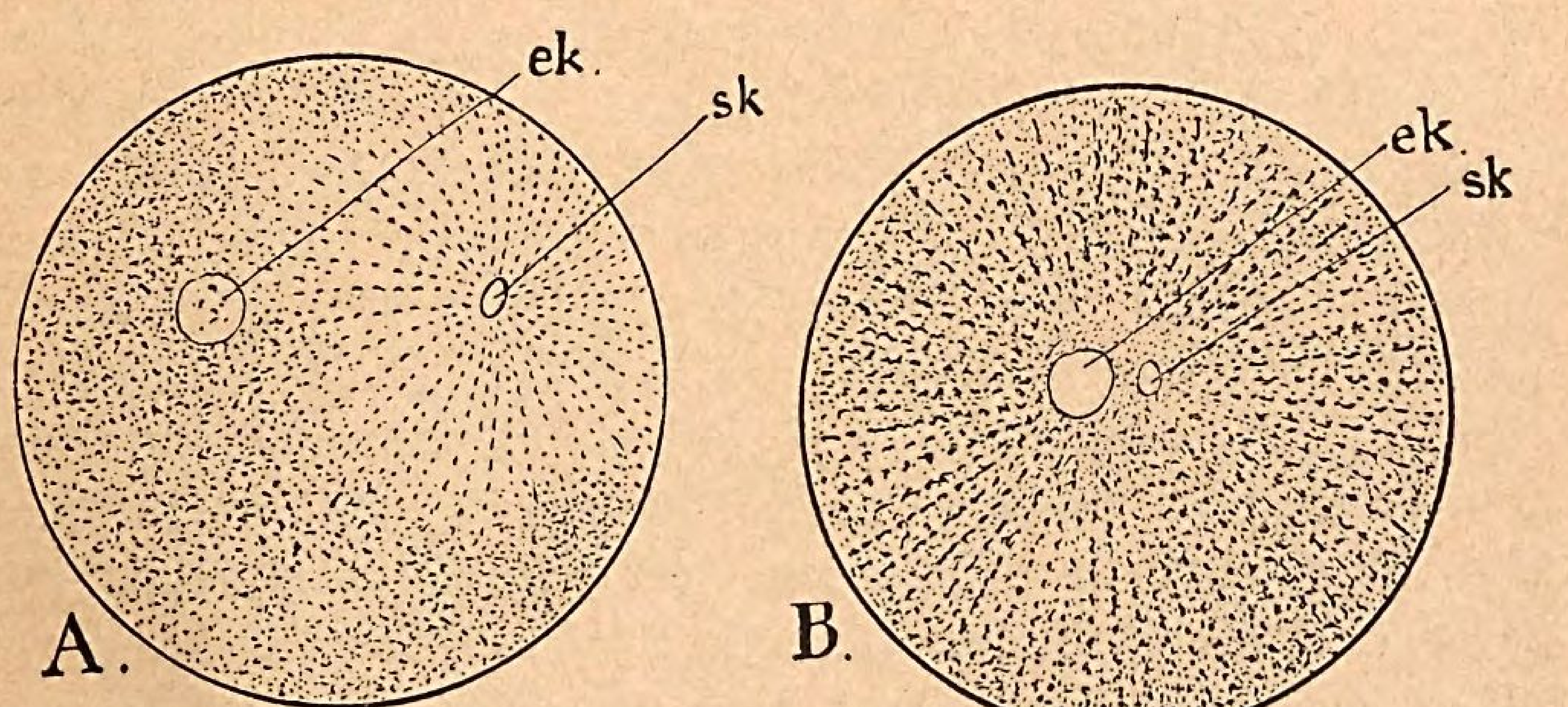


Fig. 15. Die Vereinigung des männlichen und des weiblichen Zellkerns im befruchteten Ei eines Seesterns.
A der Kopftheil des in die Eimasse eingedrungenen Spermatozoids hat sich in den von einer Protoplasma-Strahlung eingeschlossenen Spermakern (sk) umgewandelt und ist dem Eikern ek entgegen gewandert. B. Der Spermakern sk und der Eikern ek sind nahe zusammengerückt und sind beide von einer einzigen Protoplasma-Strahlung umgeben.
(Nach O. Hertwig, Entwicklungsgeschichte des Menschen, pag 53.)

fruchtungserscheinungen bei Würmern, bei Weichthieren und zum Theil auch bei Wirbelthieren.

In allen untersuchten Fällen sind die Befruchtungsvorgänge im Wesentlichen dieselben: immer vereinigen sich jeweilen die Zellkerne der beiden Geschlechtszellen, der Eizelle und der männlichen Samenzelle, miteinander zur Bildung des ersten Keimkernes. Es ist auch durch die gewissenhaftesten Untersuchungen in manchen Fällen nachgewiesen worden, daß die Nucleïnsubstanzen, welche das Keimplasma, (das Idioplasma) darstellen, in beiden bei der geschlechtlichen Befruchtung zusammentretenden Zellkernen in ganz gleicher Menge

vorhanden sind trotz der ungleichen Größe des Eikerns einerseits und des Spermakerns anderseits. Es ist nachgewiesen, daß die Anzahl und die Größe der Nucleïnfäden in beiden sich vereinigenden Zellkernen auffallend übereinstimmt. Der Eikern enthält vor der Befruchtung genau halb so viele Nucleïnfäden als die Zellkerne der anderen Zellen des weiblichen Körpers; der männliche Spermakern enthält ebenfalls genau halb so viele Nucleïnfäden als die Kerne der anderen Zellen des männlichen Körpers und er stimmt in der Anzahl der Nucleïnfäden so sehr mit dem Eikern überein, daß beide Kerne im Moment der Verschmelzung absolut identisch aussehen. In den allerletzten Jahren hat sich auch ergeben, daß bei der geschlechtlichen Befruchtung im Pflanzen- wie im Thierreich durch die Verschmelzung eines männlichen mit einem weiblichen Zellkern wieder genau dieselbe Anzahl von Nucleïnfäden für den Keimkern zu Stande kommt, wie sie gesetzmäßig sich in den Kernen der nicht-geschlechtlichen Organe des väterlichen und des mütterlichen Körpers vorhanden sind.

Das wirft ein bedeutsames Licht auf die **Vererbungs-Gesetze.**

So mannigfaltig die äußeren Existenzbedingungen für die zahllosen Pflanzen- und Thierformen sein mögen, so mannigfaltig sich daher auch die Ausstattungsart der Geschlechtsorgane bei den verschiedenen Lebewesen gestaltet hat: im Grundwesen ihres physiologischen Zieles stimmen alle Sexualorgane des Pflanzen- und des Thierreiches überein.

Dieses Ziel ist nichts mehr und nichts weniger als die Vereinigung der Keimplasmen oder Idioplasmen zweier Zellkerne verschiedenen Ursprunges zur Bildung des Keimplasmas eines neuen Zellkernes, des Embryonalkernes.

Wie ungeheuer mannigfaltig gestaltet sich in der Natur die Aus- und Umkleidung dieses einfachen Befruchtungsvorganges, jenes physiologischen Prozesses, auf welchem die Erhaltung der Pflanzen- und Thierformen im Kampf ums Dasein beruht!

Seit etlich Millionen Jahren blühen und duften zahllose Blumenformen um die Wette; die blendendfarbigen Apparate ihrer Blüthen erscheinen dem Auge des erkennenden Naturfreundes als prunkendes Hochzeitskleid für das Fest der Blumenliebe, dessen Endziel die Zeugung einer neuen Generation darstellt.

Schmetterlinge und Schwebfliegen haben bunte Kleider angezogen aus derselben Ursache.

Die Vögel haben singen gelernt und ihrer viele haben sich in farbengleißende Federn geworfen aus derselben Ursache.

Die Nachkommen der Pithecanthropoiden, der thierischen Vorfahren des Menschen, haben ihre schönsten Lieder erfunden und sind hinaufgestiegen in eine ganze Welt voller erhabenen Gedanken, weltbesiegender Ideen und göttlicher Tugenden, aus derselben physiologischen Ursache allmächtiger Liebe.

Religions- und Staatsgesetze haben versucht, in naturwidriger Unvernunft jenes allmächtige Gesetz des Werdens zu verachten, zu

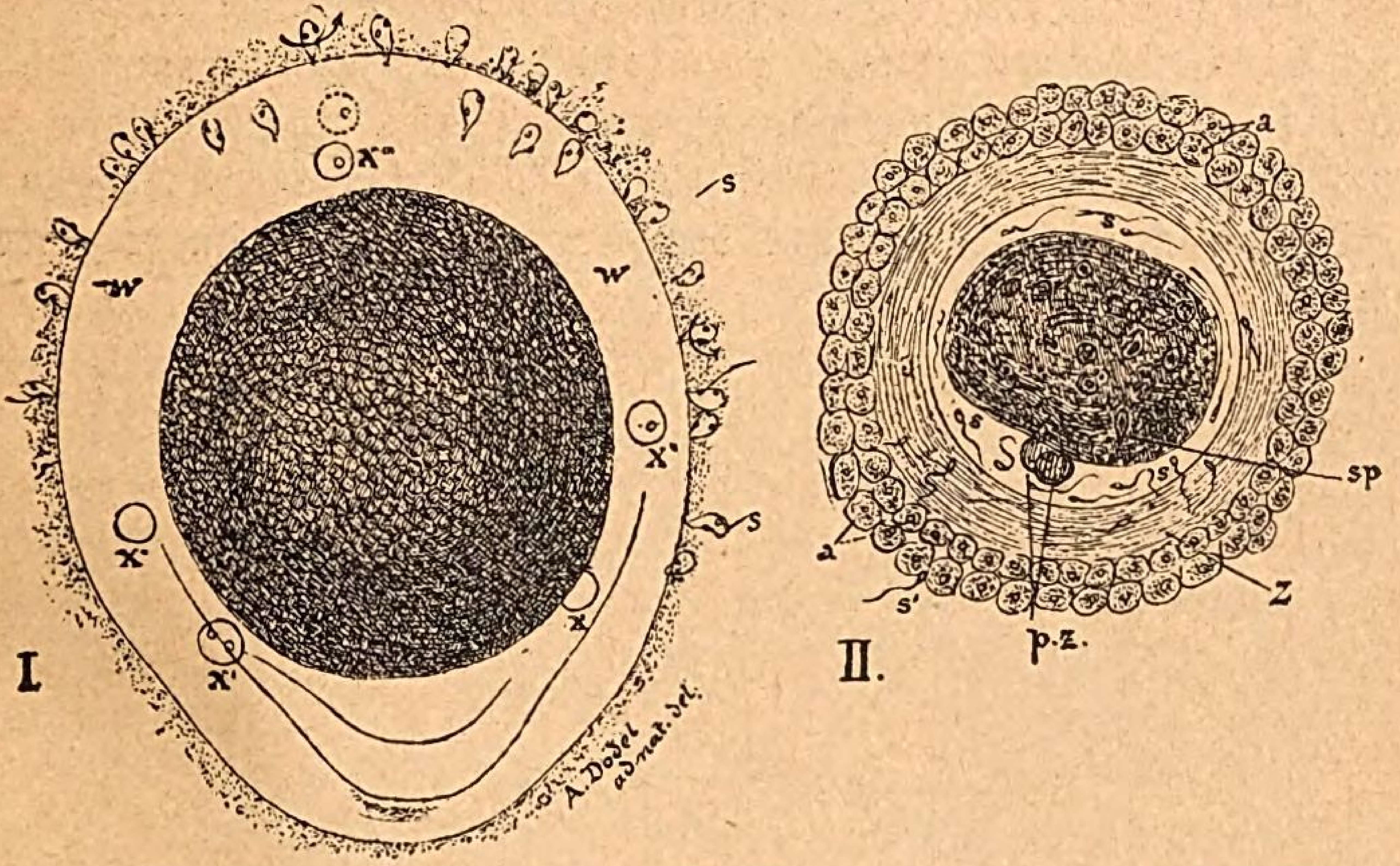


Fig. 16 I. Das Ei eines im Meerwasser lebenden Brauntanges (Cystosira barbata) unmittelbar vor der Befruchtung; ss zahlreiche Spermatozoiden, die in lebhafter bohrender Bewegung die dicke Gallerthülle des großen kugeligen Eies zu durchdringen versuchen. Das einzelne Samenkörperchen ist hier etwa 40 000mal kleiner als die Eizelle. II. Das Ei vom Kaninchen in der Befruchtung. (Nach Hensen.) Der dunkelschraffirte Eidotter ist etwas zusammengezogen, hat die Polzellen pz ausgestoßen und wird von Spermatozoiden s s in lebhafter Bewegung umschwärmt.

verhöhnen, zur Sünde und zum Verbrechen zu stempeln. Eitles Unterfangen!

Der Wille zweier differenter Plasmakörperchen mikroskopischer Kleinheit ist mächtiger als der Wille einer weltbeherrschenden Hierarchie. Die Natur hat zu allen Zeiten mit vulkanischer Kraft ihrem Schaffenstrieb zum Sieg verholfen. Was waren von jeher alle unvernünftigen Gesetze gegen das Eine Machtwort der lebendigen Natur: Zweie sollen zusammentreten zur Bildung eines neuen Einzigen — darin liegt ewiges Leben!

Nichts kann drastischer die **Einheit** der geschlechtlichen Zeugung im Pflanzen- und im Thierreich illustriren, als die Vergleichung der Befruchtung des Eies bei einem Säugethier einerseits (Fig. 16 II) und bei einem im Meerwasser untergetauchten Brauntang (Fig. 16 I) andererseits: in beiden Fällen ist die Eizelle ein verhältnißmäßig großes kugeliges oder ovoides Plasmaklümpchen, das passiv abwartet, bis die beweglichen Samenkörperchen in großer Zahl herbeikommen, worauf dann die Vereinigung und Verschmelzung je eines Samenkörperchens mit der entsprechenden Eimasse erfolgt. In diesen beiden hier dargestellten Fällen entzieht sich die Verschmelzung des Eikernes mit dem Spermakern im Innern der Eimasse aus Gründen der Undurchsichtigkeit des mächtigen Eiplasmas dem Blicke des Mikroskopikers. (Ueber die Befruchtung bei Cystosira barbata vergl. den Text zu Fig. 19 im folgenden Kapitel.)

VII.

Die Folgen der Befruchtung.

Unterschied zwischen Bestäubung und Befruchtung bei den Pflanzen, zwischen Begattung und Befruchtung bei den Thieren. Die Befruchtung im eigentlichen Sinne ist erst dann vollzogen, wenn die beiderlei Zellkerne — weiblicher und männlicher — sich miteinander zu einem neuen Kern — dem Keimkern — vereinigt haben. Die Kraft der Weiterentwicklung liegt im Plasma der beiderlei Geschlechtszellen selbst. Einhauchung der „Seele" — ein Traum. Folgen der Befruchtung an Beispielen aus der Pflanzenwelt erläutert. Spirogyra, die Spiralbandalge und ihre Zygotenbildung. Die Kraushaaralge und ihre Zygote. Der Blasenkettentang und seine Keimungsgeschichte. (Befruchtung und Furchung ähnlich wie im Thierreich.) Gliederung der keimenden Pflanze in verschiedenartige Organe mit verschiedenartigen Aufgaben. Vergleich der vielzelligen Pflanze mit einem wohlgeordneten Staatswesen. Das Nebeneinander der Dinge ist zugleich das Schicksal der Dinge. Naturanlage (Erbmasse) einerseits und Außenwelt andererseits bedingen das Schicksal der Einzelzelle sowohl als des Zellenstaates im vielzelligen Thier- oder Pflanzenwesen. Folgen der Befruchtung im Thierreich wesentlich dieselben wie bei Pflanzen. Furchungsvorgänge. Morula. Gastrulation. Die wichtige Rolle des Zellkernes bei den Furchungsvorgängen. Erbgleiche Zellen. Erbungleichheit als Folge größerer Komplizirtheit. Die freieste Zelle ist die einzeln lebende Zelle. Der Einzelmensch — der freieste Mensch. Je komplizirter der zusammengesetzte Organismus, desto abhängiger die Einzelzelle, das Einzelwesen. Abhängigkeit vom Milieu, Gleichgewichtsverhältnisse zwischen verschiedenen Organen. Wechselbeziehungen in der Entwicklung verschiedener Organe. Mehrgebrauch und Mindergebrauch oder Nichtgebrauch der Organe. Regelmäßige Aufeinanderfolge der drei ersten Furchungsebenen.

Man hat in früheren Zeiten, ehe man das Wesen der Befruchtung richtig erkannt hatte, zwischen Befruchtung und Begattung im Thierreich, zwischen Befruchtung und Bestäubung im Pflanzenreich keinen Unterschied gemacht und diese Worte ganz beliebig und ganz unrichtigerweise gebraucht. Selbst in Büchern neueren Datums werden diese Geschehnisse nicht scharf auseinander gehalten: ein berühmtes Buch von hohem wissenschaftlichen Werth trägt den unrichtigen Titel: „Die Befruchtung der Blumen durch Insekten", während es heißen sollte: „Die Bestäubung der Blumen durch Insekten".

Es ist durchaus nothwendig, daß wir die Vorgänge richtig benennen und die Begriffe scharf auseinander halten:

Bei den Thieren nennen wir den Vorgang der geschlechtlichen Vereinigung zweier Individuen verschiedenen Geschlechtes schlechtweg Begattung oder Kopulation. Das natürliche Ziel dieser Vereinigung wird erreicht, wenn männliche Geschlechtszellen derart in den weiblichen Organismus eingeführt werden, daß sie früher oder

später mit den vom weiblichen Organ gebildeten Eiern zusammenkommen und sich mit diesen vereinigen können. Nach vollzogener Begattung ist die Befruchtung noch keineswegs vollzogen: Die männlichen Geschlechtszellen können stundenlang, tagelang, ja sogar monatelang im weiblichen Körper liegen und lebendig bleiben, ehe sie mit den eigentlichen Eizellen sich zu vereinigen Gelegenheit haben.* Die Befruchtung im eigentlichen, wissenschaftlichen Sinne des Wortes findet bei den sich begattenden Thieren also nicht während der Begattung, sondern erst Stunden, Tage oder Monate nach der Begattung statt.

Ganz ähnlich verhält es sich im Pflanzenreich mit der Bestäubung der Blüthen durch den Wind oder die Insekten oder ein anderes äußeres Agens. Während einer einzigen sonnigen Stunde können im April oder Mai Millionen von Blüthen ganz regelrecht durch die honigsuchenden Insekten bestäubt werden, ohne daß eine einzige Blüthe wirklich den Befruchtungsvorgang in sich erfährt: Wenn ein plötzlicher Regen nach trockener warmer Tagesstunde in die eben erst bestäubten Blüthen fällt, so wird an Tausenden von bestäubten Narben der Pollen wieder heruntergewaschen, ehe er Zeit gefunden hat, Pollenschläuche durch die Griffel hinunterzutreiben und die männlichen Zellkerne an die Eizellen abzugeben. So lange eben die Vereinigung beider mikroskopisch kleinen Zellkerne — des männlichen und des weiblichen — nicht stattgefunden hat, so lange kann von einer wirklichen Befruchtung nicht gesprochen werden; denn diese besteht ja in nichts Anderem, als in der Verschmelzung jener beiden Kerne im Innern des Eies zur Bildung eines ganz neuen Kernes, des Keimkernes oder Embryonalkernes, der zu gleichen

* Die Bienenkönigin ist bekanntlich das einzige entwickelte Weibchen im Bienenstock. Kaum ist sie drei Tage aus ihrem Larvenzustand als vollkommen ausgewachsenes Thier der Königinzelle entschlüpft, so räumt sie erst mit ihren Rivalinnen, den anderen jungen Königinnen desselben Bienenstockes — ihren Schwestern — auf, indem sie dieselben umbringt. Hierauf fliegt sie mit männlichen Bienen, Drohnen, zum Hochzeitsfluge aus und wird dabei begattet. Diese Begattung findet in ihrem Leben nur einmal statt. Der männliche Samen wird dabei in einem bläschenartigen Behälter ihres Körpers aufbewahrt und genügt für etwa drei Jahre, um nach dem Willen der Königin während dreier Vegetationsperioden die Eier zu befruchten. Hier können also Begattung und Befruchtung drei Jahre auseinander liegen.

Theilen aus väterlichem und mütterlichem Keimplasma oder Idioplasma aufgebaut wird.

Darin — in nichts Anderem — liegt das Wesen der geschlechtlichen Zeugung. Wenn es wahr wäre, daß bei jeder Zeugung eines Menschen die „unsterbliche" Seele, von Gott kommend, dem neuen Wesen einverleibt werde, so müßte diese Uebertragung der unsterblichen Seele in jenem Augenblick stattfinden, wo der männliche Zellkern des Vaters, welcher in das befruchtungsfähige Ei der Mutter eingedrungen ist, sich mit dem mütterlichen Eikern zur Bildung des Kindkernes (Keimkernes, Embryonalkernes) vereinigt. Die Wissenschaft weiß aber von einer solchen Seeleneinpflanzung nichts. Die Kraft — Potenz — zur Weiterentwicklung des befruchteten Eies, die sich in der Folge so gesetzmäßig geltend macht, daß der ganze Entwicklungsgang des Thier- oder Pflanzenkeimes so geordnet abläuft, wie die Melodie einer aufgezogenen leiernden Musikdose — jene Kraft stammt aus dem Keimplasma der **elterlichen Zellkerne selbst**, welche sich bei der Befruchtung des Eies vereinigt haben. Die Triebkraft der Entwicklungsfähigkeit kommt also nicht von **Außen** in den geschlechtlich gezeugten Menschen-, Thier- oder Pflanzenkeim: sondern sie hat ihren Sitz im Keimplasma selbst, das als kraftbegabter Stoff sichtbarlich von den Eltern herübergekommen ist. Im **Keimplasma** selbst liegt die Kraft zur Entwicklung der **werdenden**, nicht einer eingehauchten **Seele**.

Wie sich diese Kraft in sichtbarer Weise äußert, das werden wir in den nun zu schildernden Folgen der Befruchtung an einigen Beispielen auseinandersetzen.

In sonnig gelegenen Straßengräben mit langsam fließendem oder stagnirendem Wasser, in seichten stillen Seebuchten und in brutwarmen Torftümpeln finden sich häufig wattenartig verwirkte glänzend grüne Fäden, bald völlig untergetaucht, bald an der Wasserfläche schwimmend. Der geschäftige Wanderer achtet dieser unscheinbaren Gebilde nicht oder höchstens dann, wenn der Wind ihm den Hut vom Kopfe wegführt und in das Tümpelwasser schleudert. Wer dann jener grünen Wasserfäden gewahr wird, der erwehrt sich kaum eines Gefühls von Ekel, und doch gehören diese Lebewesen zu den zierlichsten Gebilden der schaffenden Natur. Jeder Faden erscheint unter dem Mikroskop als glashelles cylindrisches Gebilde, welches durch zahlreiche Querwände in einzelne Kammern, in Zellen,

eingetheilt erscheint. Die Zellwände sind wie Fensterscheiben durchsichtig. Im Innern jeder Zelle findet sich ein tapetenartig auf der Innenseite der Zellwand aufliegender Belag von farblosem Protoplasma, in welchem ein spiralig verlaufendes Band oder etliche solcher spiraliger Bänder aus grünem Protoplasma eingebettet erscheinen. Der übrige große Innenraum jeder einzelnen Zelle ist mit farblosem, wasserhellem Saft — dem Zellsaft — erfüllt. Im Zentrum dieses Saftraumes hängt an Plasmafäden ein kugeliger

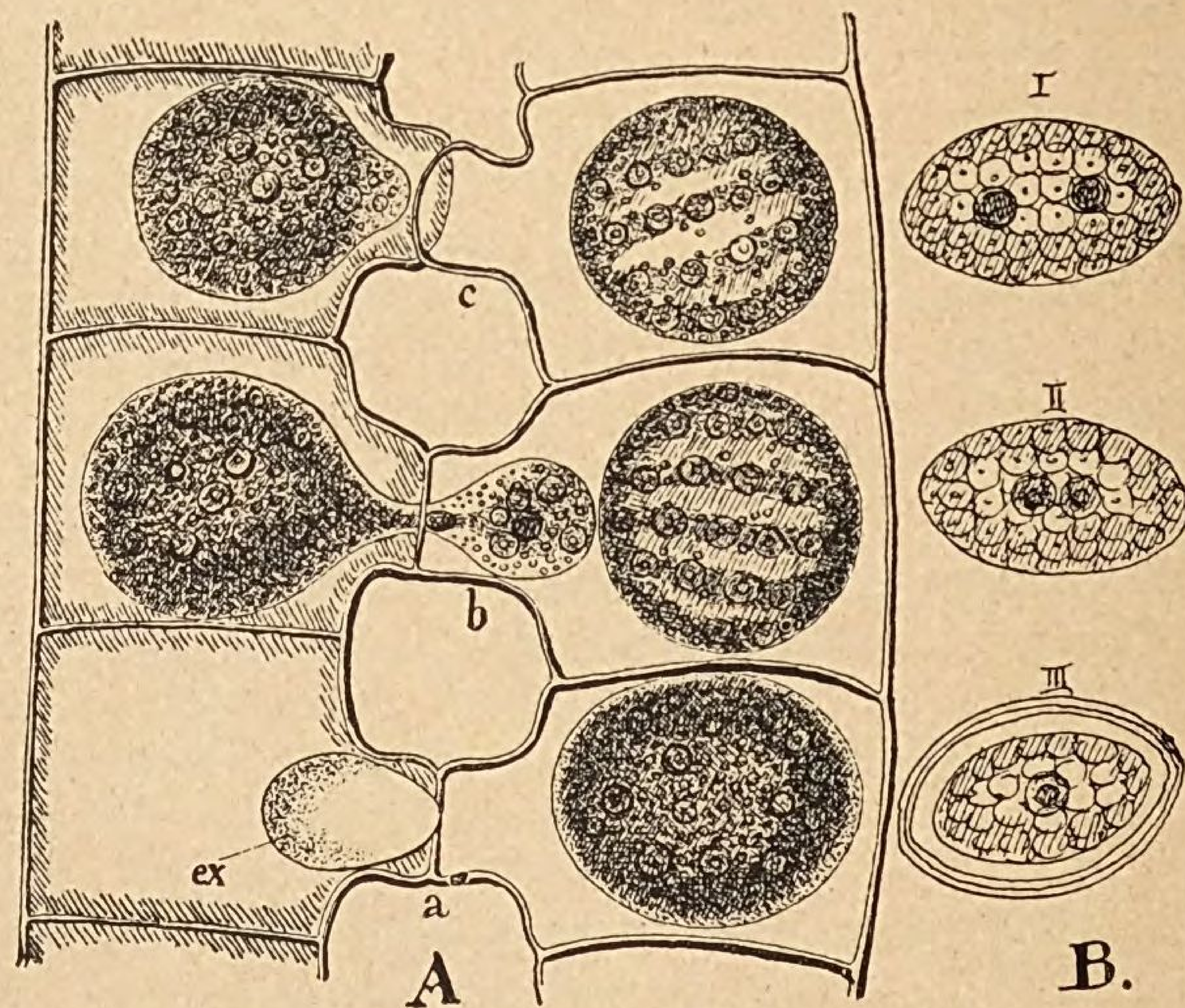


Fig. 17. Paarung und Paarungsprodukte bei der grünen Spiralbandalge (Spirogyra).
(A nach de Bary, B I—III nach Dr. Overton.)

oder linsenförmiger Zellkern. Jede Zelle hat ihr eigenes Leben und ist ein mehr oder weniger selbständiger Elementar-Organismus, der wächst, stoffwechselt und sich durch Zelltheilung vermehrt. Indem jede einzelne Zelle wächst, wächst selbstverständlich der ganze Faden, der z. B. heute 5 Zentimeter lang sein und 2000 Zellen zählen kann, morgen aber die doppelte Länge und die doppelte Zahl von Zellen besitzt. Diese grüne Fadenalge pflanzt sich gelegentlich auf geschlechtlichem Wege fort: Zwei nebeneinander liegende Fäden verwachsen dabei so miteinander, daß je zwei gegenüberliegende Zellen wie mit einem röhrenförmigen Leitersprossen ver-

bunden erscheinen. Dann ziehen sich die Protoplasmamassen der einzelnen Zellen von der glashellen Wand zurück und ballen sich in kugelige oder eiförmige Gebilde zusammen (Figur 17 A das oberste Zellenpaar c). Hierauf wandert der zähflüssige Protoplasmaklumpen der einen Zelle hinüber zum Plasmaklumpen der anderen Zelle (Figur 17 A das mittlere Zellenpaar b), worauf eine Verschmelzung beider Plasmamassen zur Bildung einer einzigen Keimzelle erfolgt, welche den Namen Zygote erhalten hat (Figur 17 A beim untersten Zellenpaar a). Der Vorgang dieser Vereinigung wird Kopulation genannt und ist die niedrigste Form geschlechtlicher Befruchtung, wobei die beiden sich vereinigenden Protoplasmamassen anscheinend durchaus gleichartig sind, so daß ein Unterschied zwischen männlicher und weiblicher Zelle kaum zu Tage tritt.

Im Momente der Verschmelzung beider Plasmamassen zu einer Zygote sind die beiden Zellkerne der vereinigten Plasmen noch getrennt, wie in Figur 17 B bei I dargestellt ist. Dr. E. Overton hat bei der gemeinen Spiralbandalge — Spirogyra communis — nachgewiesen, daß sich die beiden Zellkerne der kopulirten Plasmen in der jungen Zygote nach und nach einander nähern (Figur 17 B II) und innerhalb einiger Tage miteinander zu einem einzigen Kern, dem Keimkern oder Zygotenkern verschmelzen. Die Folgen dieses Befruchtungsvorganges einfachster Art machen sich dahin geltend, daß sich um die vereinigten Plasmen eine schützende Haut, eine dicke Zellwand bildet (Figur 17 B III), ähnlich wie die heranreifenden Samen der Blüthenpflanzen eine harte Samenschale bekommen. Die reife Zygote kann nun monatelang in Ruhe verharren, also in einen Dauerzustand übergehen, aus dem sie erst beim Wiedererwachen der Vegetation heraustritt, indem sie keimt und ein neues Fadenpflänzchen hervorsprossen läßt, ähnlich wie aus den Blüthenpflanzensamen beim Keimen jeweilen neue Pflänzchen zu Tage treten.

Ein weiteres, nicht minder lehrreiches Beispiel liefert uns eine andere Art grüner Wasserfäden, die sogenannte Kraushaaralge (Ulothrix zonata), welche in raschfließenden klaren Wässern, in Bächen, Gräben, in Brunnentrögen und an Flußufern sehr häufig im Wasser angetroffen wird.

Hier findet nicht eine Kopulation der Fäden selbst statt, wie dies bei Spirogyra der Fall ist, sondern der lebendige Plasmakörper einer jeden Zelle theilt sich mitsammt dem Zellkern rasch hintereinander in 2 Portionen, diese 2 in 4, diese dann in 8, in 16 oder

sogar in 32 kleine birnförmige Körperchen, die dann ins Wasser austreten und sich alsbald in lebhaft schwärmende, thierähnliche Bewegung versetzen. (Figur 18 A bis K.)

Man hat diese kleinen Dinger mit verschiedenen Namen belegt: früher nannte man sie Mikrozoosporen, was so viel bedeutet wie „kleine thierähnliche Schwärmzellen"; später erhielten sie die Bezeichnung „schwärmende Gameten", das heißt so viel wie bewegliche oder schwärmende Geschlechtszellen. Ein Unterschied

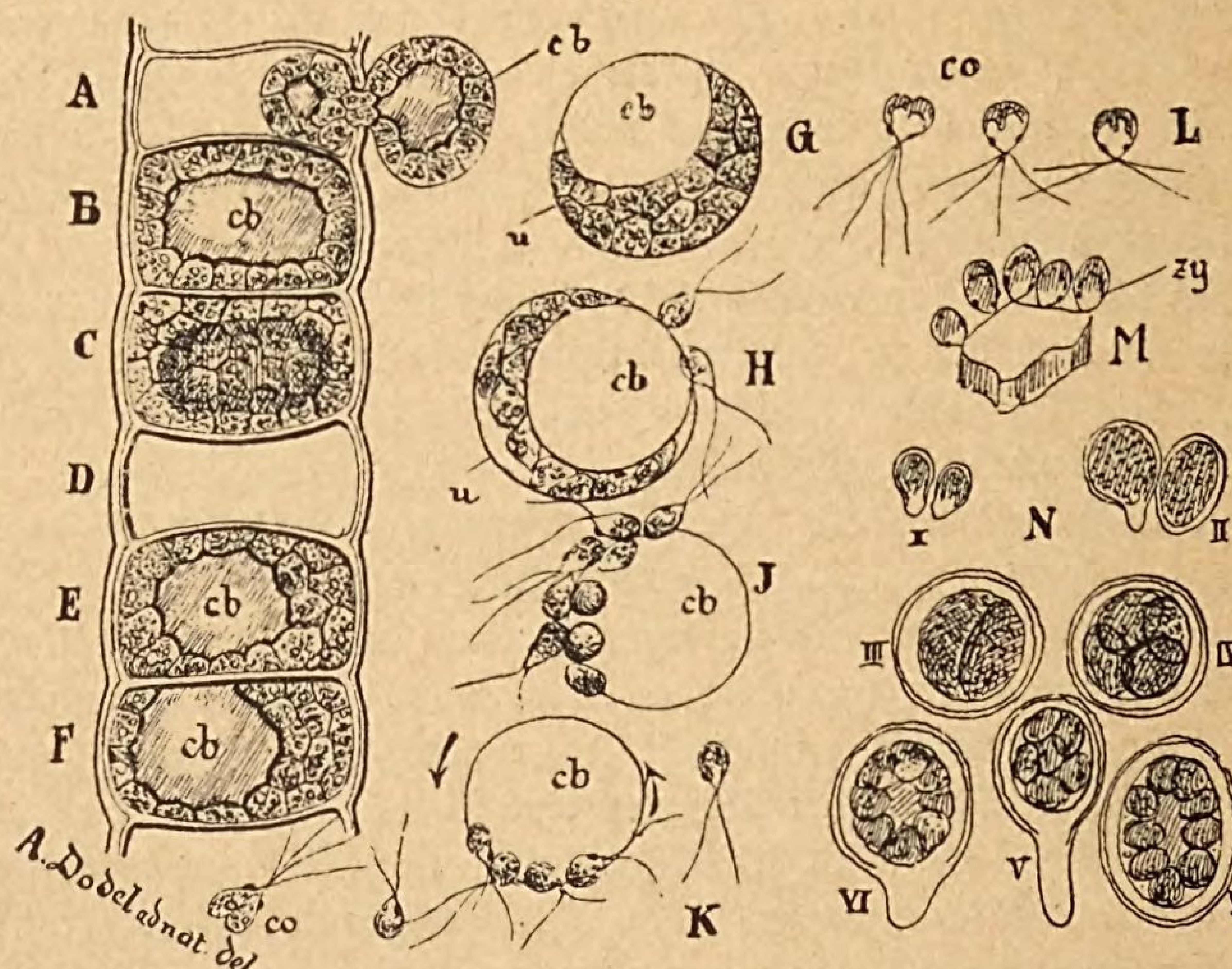


Fig. 18. Paarung und Paarungsprodukte bei der Kraushaaralge (Ulothrix zonata).

A bis F Fadenstück mit reifen Geschlechtszellen, die noch keinen Unterschied zwischen männlich und weiblich erkennen lassen, sondern alle ins Wasser ausgestoßen und als schwärmende Plasmakörperchen in Freiheit gesetzt werden: J, K und L Kopulation der beiden gleichartigen Geschlechtszellen. M Fünf Zygoten als Produkte der Vereinigung von fünf Paaren schwärmender Geschlechtszellen. N I bis VII Entwickungsgeschichte dieser Zygotenpflänzchen.

zwischen männlich und weiblich ist auch hier nicht zu erkennen, da sie alle gleich groß sind, gleichen Bau besitzen und sich auch bei der Kopulation ganz gleich verhalten. Jedes dieser schwärmenden Zellchen besitzt einen Zellkern, einen grünen Plasmakörper, farbloses Protoplasma mit einer pulsirenden Vacuole und am vorderen spitzen Pol des birnförmigen Körperchens ein paar feinster Plasmahärchen, die fortwährend geißelartige Bewegungen ausführen und das ganze

Gebilde in eine rotirende und gleichzeitig fortschreitende Bewegung versetzen. Ein rother, punktförmiger Augenfleck dient dem kleinen Wesen wahrscheinlich als Organ für Lichtempfindung.

Wenn gleichzeitig viele solcher Gameten in einem Tropfen Wasser frei herumschwärmen, so kann man bei genauer Betrachtung wahrnehmen, daß gelegentlich je zwei schwärmende Gameten zusammentreten und miteinander kopulirend verschmelzen zur Bildung einer Zygote (Figur 18 L und M). Die Zygote entsteht also hier aus der Verschmelzung von zwei durchaus gleichartigen Zellen: sie ist ein geschlechtlich erzeugtes Wesen, aufgebaut zur einen Hälfte aus dem Plasma der einen Gamete, zur anderen Hälfte aus dem Plasma der anderen Gamete. Kurz nach der Kopulation werden die haarförmigen Plasmafäden, welche der Bewegung dienten, steif und sie verschwinden spurlos, während die vereinigten Plasmen sich mit einer gemeinschaftlichen Zellstoffhaut bekleiden und auf einer Unterlage sich festsetzen (Figur 18 M zy).

Jede dieser Zygoten repräsentirt nun eine neue, eine junge Pflanze, die langsam wächst und nach mehreren Monaten ihren ganzen plasmatischen Inhalt wieder theilt in 2, 4, 8, 16 Fortpflanzungszellen, wie in Figur 18 N I bis VII dargestellt ist.

Ich werde in einem folgenden Kapitel zeigen, daß die Kopulation schwärmender Gameten für das Verständniß des ganzen Geschlechts- und Liebeslebens beider Organismenreiche von eminenter Bedeutung ist. An dieser Stelle muß ich mich darauf beschränken zu zeigen, in welcher Art die Folgen der Kopulation und der ausgesprochenen sexuellen Befruchtung sich geltend machen.

Wir schreiten zu den höher entwickelten Pflanzen vor und besprechen zunächst eine hochentwickelte Meeresalge, deren Befruchtung wir bereits in Figur 16 I (pag. 121) dargestellt sehen.

Unter den Prachtpflanzen des Meeres giebt es eine Gruppe ansehnlicher Gewächse, welche wegen ihrer lederbraunen Farbe den deutschen Namen Ledertange erhalten haben. Manche von ihnen sind auch von lederartiger Derbheit und erreichen bedeutende Größe und hohes Alter. An felsigen Untiefen des Meeres bilden sie oft ganze Wiesen oder untergetauchte Wälder eigenartigen Charakters. Die meisten dieser großen Ledertange besitzen ein eigenartiges Haftorgan, mit welchem die ganze Pflanze an die felsige Unterlage befestigt, angewachsen ist, während der Haupttheil der Pflanze im Wasser aufwärts gerichtet, oft strauchartig

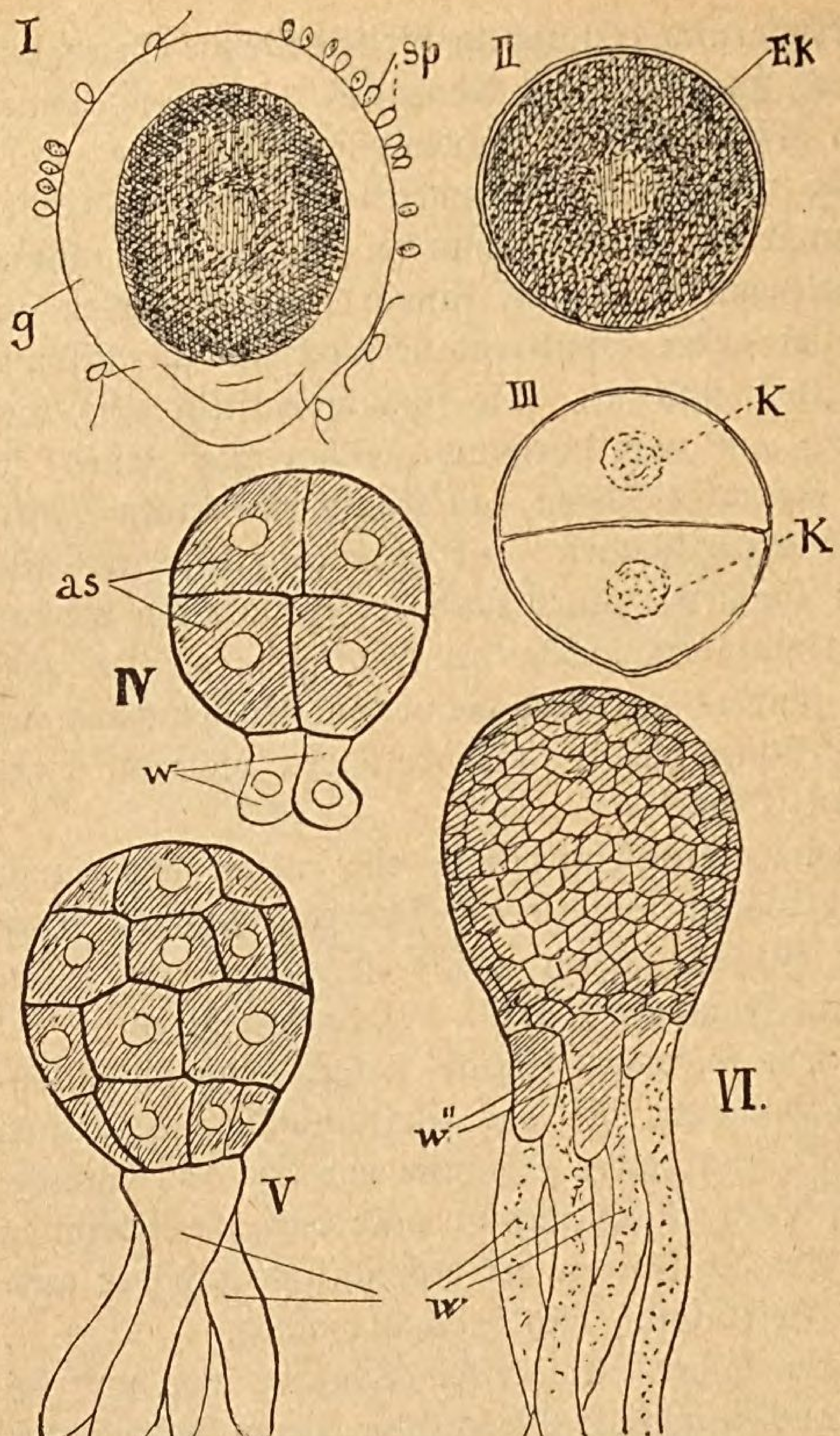


Fig. 19. Die Befruchtung und ihre Folgen beim kettenförmigen Blasentang (Cystosira barbata).

I. Ein die Befruchtung abwartendes Ei, umgeben von einer dicken Gallerthülle, an deren Außenfläche sich viele kleine Spermatozoiden befinden, welche in bohrender Bewegung durch die Gallerte einzudringen suchen.

II. Ei nach der Befruchtung. Es hat sich bereits eine neue Haut um die Eimasse gebildet; der Keim erscheint einzellig.

III. Erste Theilung der Keimzelle. Das junge Pflänzchen ist jetzt zweizellig.

IV. Ein weiteres Entwicklungsstadium. Der bereits mehrzellige Keim ist in zwei verschiedene Organe gegliedert: in ein wurzelartiges Haftorgan w und in ein oberes Organ (Spross).

V und VI. Weitere Entwicklungsstadien des jungen Pflänzchens. (Originalzeichnung aus A. Dodel, Biolog. Fragmente.)

verzweigt und nicht selten mit lufterfüllten Schwimmblasen versehen ist. Alljährlich bilden diese Gewächse zweierlei Geschlechtszellen, die zur Zeit der Reife ins Meerwasser austreten, um in geschlechtlicher Zeugung eine Unzahl neuer Pflänzchen zu bilden. Die Befruchtung der Eizellen findet bei diesen Pflanzen also außerhalb des mütterlichen Körpers statt, ganz ähnlich wie bei den Fischen und bei den Fröschen. Wie bei diesen genannten Thieren die aus dem weiblichen Körper tretenden Eier verhältnißmäßig groß sind, während die männlichen Fortpflanzungszellen sehr klein erscheinen, so verhält es sich mit den Eiern und den Spermatozoiden der Ledertange.

Ich habe in Figur 19 die Befruchtung bei dem kettenförmigen Blasentang (Cystosira barbata) dargestellt, um an einem frappanten Beispiel zu zeigen, wie ungemein ähnlich diese Vorgänge sich abspielen wie im Thierreich.

Figur 19 I zeigt uns ein empfängnißfähiges, in Meerwasser liegendes Ei, umgeben von einer dicken, aber weichen Gallerthülle g. Die kugelige Eizelle besteht aus einer großen, gelbbraunen Plasmamasse, in deren Mitte ein kugeliger Zellkern mit dem weiblichen Keimplasma liegt. Von dieser noch nicht befruchteten Eimasse wird augenscheinlich nach Außen durch die weiche Gallerte hindurch eine chemische, im Wasser gelöste Substanz abgegeben, welche die zahlreichen beweglichen Spermatozoiden, die im Meerwasser lebhaft herumschwärmen, an die Eizelle heranlocken. Wir sehen daher an der Oberfläche der Eihülle g eine Menge von sehr kleinen, männlichen Fortpflanzungszellen in bohrender Bewegung beflissen, durch die Gallerthülle bis zum Ei vorzudringen.

Diese Spermatozoiden sind farblos und bestehen zumeist aus Zellkernsubstanz; sie enthalten das männliche Keim- oder Idioplasma. Wegen ihrer Kleinheit — sie sind ca. 40000 mal kleiner als die Eizellen — sind sie zu rascher Bewegung sehr geeignet und daher fähig, die zu befruchtenden Eizellen aufzusuchen und mit eigenartiger Bewegung in sie einzudringen: ein Verhältniß, wie es auch im Thierreich an der Tagesordnung ist.

Sobald nun eines dieser männlichen Fortpflanzungszellchen in die Eimasse eingedrungen ist, um sich mit dem Kern der Eizelle zum Embryonalkern zu vereinigen, umgiebt sich die solcherart befruchtete Eizelle mit einer dicht anliegenden neuen Haut (Figur 19 II). Nun haben wir eigentlich schon ein n e u e s, ein e i n z e l l i g e s P f l ä n z c h e n vor uns, welches seiner größten Masse nach aus mütterlichem Protoplasma besteht, indeß der w e s e n t l i c h s t e Theil des geschlechtlich erzeugten Wesens im **Keimplasma** des Z e l l k e r n e s liegt, der aufgebaut worden ist aus den beiden Keimplasmen väterlichen und mütterlichen Ursprungs. Dieser e i n e Zellkern des jungen Keimpflänzchens beginnt nun sofort seine anregende und ordnende Thätigkeit: indem er sich in zwei ganz gleichartige Kerne theilt, wird auch die e i n e Zelle durch eine Querwand aus Hautsubstanz in zwei halbkugelige Zellen getheilt (Figur 19 III). Hierauf theilt sich jede dieser zwei Zellen mit dem zugehörigen Kern ebenfalls in zwei Zellen; dann besteht das junge

Pflänzchen aus vier ganz gleichartigen Zellen (Kugelquadranten). Der Kern- und Zelltheilungsvorgang wiederholt sich nun rasch mehreremal hinter einander, so daß das junge Pflänzchen bald aus 8, 16, 20 und mehr Zellen besteht, ohne daß die Masse des Pflänzchens durch Wachsthum stark zunehmen würde. Alsbald macht sich an dem mehrzelligen Keimpflänzchen (Kind) durch ungleichartiges Wachsen der Zellen ein Gegensatz von **Organbildung** geltend: die mit der] festen Unterlage, dem felsigen Meerboden, in Berührung kommenden Zellen (w w in Figur 19 IV bis VI) beginnen in lange wurzelhaarähnliche Haftzellen auszuwachsen und bilden alsbald ein wurzelartiges Haftorgan, mit welchem das ganze Pflänzchen am Meeresgrund festsitzt. Dieser Theil wird farblos: er hat weiterhin keine andere Aufgabe, als die Pflanze festzuheften und dadurch zu verhüten, daß sie dem zerreibenden Spiel der brandenden Wellen preisgegeben werde. Der andere, dem Meeresgrund abgewendete, also dem Licht zugekehrte Theil wächst nun langsam weiter, bildet durch wiederholte Kern- und Zelltheilungen immer neue Zellen und nimmt von Außen aus dem Meerwasser alle Stoffe auf, welche der Pflanze zum weiteren Aufbau als Nährstoffe nöthig sind. Die an der Außenfläche liegenden Zellen bilden unter dem Einfluß des Lichtes aus Wasser und Kohlensäure u. s. f., also aus unorganischen Substanzen komplizirte Stoffe organischer Natur; sie assimiliren (a s in Figur 19 IV bis VI).

Wir sehen also, daß bei den Ledertangen das wachsende Keimpflänzchen zuerst einen Haufen ganz gleichartiger Zellen bildet, daß dann aber bei der weiteren Entwicklung alsbald infolge ungleichartigen Wachsthums verschieden geformte, verschieden große und verschiedenen Verrichtungen dienende Zellen entstehen: es bilden sich auf diese Weise verschiedene Organe.

Schon bei manchen im Wasser lebenden Algen, z. B. bei verschiedenen grün gefärbten Brunnenfäden und ihren Verwandten gliedern sich die Zellen oder Zellhaufen alsbald in ein wurzelartiges Haftorgan und in einen mit grünen Plasmatheilen ausgestatteten, zumeist dem Licht entgegenwachsenden Sproß, welcher die Aufnahme von rohen Nährstoffen und die Verarbeitung dieser Stoffe zu komplizirten organischen Substanzen, wie Zucker, Stärkemehl, eiweißartige Körper und dergleichen übernimmt. Bei den höher organisirten Pflanzen, die im Schlamm der Gewässer oder in der feuchten Erde wurzeln, gliedert sich der grüne Sproß beim Weiter-

wachsen in stengelartige Organe, die sich verästeln, und in seitlich stehende Organe, in grüne Laubblätter, welche hauptsächlich in die Breite entwickelt sind und daher dem Licht und der Luft eine große Oberfläche darbieten. Das in der Erde fußende Haftorgan wird zur farblosen Wurzel, die sich ebenfalls verzweigt und nun eine weitere Aufgabe übernimmt: das Aufsaugen des zum Leben der Landpflanze nöthigen Wassers und der im Wasser aufgelösten unorganischen Stoffe, welche mit dem Wasser zusammen die Hauptmasse der sogenannten rohen Nährstoffe bilden. Im Wurzelkörper, im Stamm, in den Aesten, in den Blattstielen und den breiten Blattflächen verlaufen langgestreckte Röhren mit eigenartigen Einrichtungen zur Fortleitung von Wasser und gelösten Substanzen. Diese röhrenartigen Gefäße, welche wie die Blutadern im Leibe der höheren Thiere vielfach verzweigt sind, bilden ein Kanalsystem im Pflanzenleib, das von den jungen Wurzeln durch alle Theile des Wurzelstockes bis zum Stamm, von da in alle lebendigen Aeste und Zweige sich bis an die Ränder der grünen Laubblätter erstreckt und die von den Wurzeln aufgenommenen Flüssigkeiten überall dorthin leitet, wo diese Flüssigkeiten verbraucht werden.

Auf solche Weise — durch Neubildung von Zellen vermittelst Theilung und durch fortgesetztes Wachsen der neugebildeten und sich weiter theilenden Zellen — entsteht die hochorganisirte Pflanze mit komplizirtem Wurzelwerk, mit dem oft hoch in die Luft ragenden Stammgerüste, mit den zahlreichen grünen, oft vielgestaltigen Laubblättern und verschiedenen Haargebilden. Die ausgewachsene Pflanze: der Hahnenfuß, der Löwenzahn, das Farnkraut, der Schachtelhalm, die Zeder, die Wettertanne, die Eiche, Linde u. s. w., all das, was wir ein Pflanzen-Individuum nennen, besteht aus Tausenden, aus Millionen oder aus Milliarden von Zellen; und alle diese Zellen haben ihren Ursprung aus der einzigen befruchteten Eizelle genommen durch fortgesetzte Zelltheilung und durch Wachsen.

Wir sind im Stande, mit Hilfe des Mikroskopes Schritt für Schritt dem Entwicklungsgang von der Eizelle an bis zum ausgewachsenen Zustand der Pflanze zu folgen. Wir sehen mit Augen, wie tausendmal dieselben Vorgänge der Zelltheilung sich im Wesentlichen gleichartig wiederholen und wie einzig durch verschiedenartiges Wachsen und verschiedenartiges Gruppiren der neu entstandenen Zellen ganz ungleichartige neue Organe entstehen, die aus Tausenden von Zellen erbaut sind, die aber alle darin überein-

stimmen, daß jede Zelle in höherem oder geringerem Grade ihr eigenes Leben hat, mehr oder weniger unabhängig vom Leben der benachbarten Zellen.

Die aus vielen Zellen aufgebaute Pflanze gleicht, wie schon oben bemerkt, in hohem Grade einem wohlgeordneten Staatswesen mit landwirthschaftlicher und industrieller Bevölkerung. Jeder erwachsene Bürger repräsentirt eine einzelne lebendige Zelle jener Republik von hunderttausend oder Millionen Zellen, die wir in der wachsenden Pflanze zu einem komplizirten Organismus vereinigt sehen.

Die grünen Zellen des Laubblattes schaffen unter Mitwirkung des Sonnenlichtes aus rohen Nährstoffen des unorganischen Reiches, aus Wasser, Kohlensäure und verschiedenen Erdsalzen die plastischen Nährstoffe, welche zur Bildung neuer Zellen und zum Lebensunterhalt aller Organe nothwendig sind. Das sind die Bauern, welche das Getreide erzeugen.

Die Gefäßzellen und ihre Begleiter, welche den ganzen Pflanzenleib als Leitbahnen für die flüssigen Nährstoffe durchziehen, besorgen den Transport derjenigen Substanzen, welche in den verschiedensten Theilen der Zellenrepublik gebraucht werden. Das sind die Arbeiter der Verkehrsanstalten, der Eisenbahnen und Posten, der Schifffahrt und des Karrendienstes.

Schützende Rindenzellen, Stacheln, Borsten, Brennhaare und dergleichen versehen an der lebenden Pflanze jenen Dienst, den das Militär und die Polizei im geordneten Kulturstaat übernommen haben, um feindlichen Angriffen von Außen auf das Gedeihen der Gesammtheit zu begegnen. Innere Reichsfeinde kennt der Zellenstaat des lebendigen Pflanzen- oder Thierkörpers glücklicherweise nicht.

Es genüge an diesen wenigen paar Analogien, die um Dutzende vermehrt werden könnten!

Im wohlgeordneten Staatswesen erscheint jeder erwachsene Bürger als mehr oder weniger selbständiges Individuum, als individuelle Einheit. Jeder ißt, trinkt, athmet und schläft; viele Bürger pflanzen sich auch fort und vermehren sich also gelegentlich. Darin stimmen sie überein. Aehnlich verhält es sich mit den zahllosen Zellen des lebendigen Baumes.

Aber je höher die Kultur eines Volkes oder eines Staates, desto verschiedenartiger sind die Arbeitsleistungen seiner Bürger. Je höher organisirt eine Pflanze erscheint, desto verschiedenartiger sind die Verrichtungen der vielen Zellen, welche ihren Leib zusammensetzen.

In beiden Fällen: im menschlichen Staatsorganismus wie in der Zellenrepublik der höheren Pflanze oder des höheren Thieres wird die Aufgabe, welche dem einzelnen Menschen im Staatsorganismus, der einzelnen Zelle in der Zellenrepublik zufällt, bestimmt durch die ererbte Anlage und die äußeren Umstände und Verhältnisse, unter welchen der einzelne Bürger oder das einzelne Zellindividuum ins Dasein tritt und zur vollen Entwicklung gelangt.

Weder himmlische noch höllische Mächte haben hierbei die Hand im Spiel. Das wird der denkende Leser bald erkennen, wenn er sein eigenes Schicksal und den Schicksalsgang seiner nächsten Freunde und Verwandten vergleichend ins Auge faßt. Wir wissen, daß jeder Mensch das Produkt ganz natürlicher Verhältnisse ist. Wir treten als befruchtete Eizelle ins Dasein ohne den Willen einer über- oder unterirdischen Macht, meist sogar ohne den Willen derer, die uns zeugen. Wir entwickeln uns im Mutterleibe ganz ähnlich wie das Keimpflänzchen im heranreifenden Pflanzensamen. Selbst die Mutter hat keinen Willenseinfluß auf die Ausgestaltung des unter ihrem Herzen heranreifenden Säuglings. Und sind wir erst geboren, das heißt ans Tageslicht getreten, so wird die Weiterentwicklung des Individuums ganz und gar bedingt von den äußeren Einflüssen, über welche der Säugling und das heranwachsende Kind keine Macht haben. Später nimmt uns die Schule, leider auch oft allzufrühe die Kirche, noch später nimmt uns die Schule des Lebens in die Hand und modelt aus dem mehr oder weniger bildsamen Menschenwesen entweder einen Handarbeiter oder einen Gelehrten, entweder einen Bureaumenschen oder einen Kohlengräber, entweder einen freien Hirten oder einen versklavten Handlanger der Maschine, entweder einen waschechten Republikaner oder einen knechtseligen Monarchisten.

Die Umgebung, die Außenwelt — das sogenannte Milieu — bedingt unser Schicksal und unsere Aufgabe. Ganz dasselbe gilt von der lebenden Pflanzenzelle. Die Aufgabe, welche der einzelnen Zelle von den Millionen Zellen eines Pflanzenleibes zufällt, wird von ihrer Umgebung bestimmt. Das Nebeneinander der Dinge ist zugleich das Schicksal der Dinge.

Der Naturforscher hat es in vielen Fällen in seiner Hand, aus diesem oder aus jenem Theil, aus dieser oder aus jener lebendigen Pflanzen- oder Thierzelle ganz beliebige Organe hervorgehen zu lassen. Das junge Laubmoospflänzchen ist erst nur ein primitives,

algenähnliches Wesen, das aus verzweigten Fäden besteht. Oft findet man an feuchten Stellen im Wald große Flächen der lehmigen Erde von einem dichten smaragdgrünen Filz überzogen, der bei genauerer Untersuchung sich als ein Rasen junger Vorkeime von Laubmoosen zu erkennen giebt. Jedes dieser algenartigen fädigen Moospfläunzchen bildet zweierlei Fäden, nämlich grüne, die an der Erdoberfläche hinkriechen und senkrecht aufstrebende Zweige mit Seitenästchen bilden, welche ebenfalls grün gefärbt erscheinen, und andererseits farblose, nichtgrüne Fäden, die in die feuchte Erde eindringen und dort sich ebenfalls verzweigen. Die oberirdischen Theile dieser jungen Pflänzchen erweisen sich nach der Art ihres Wachsthums und ihrer physiologischen Verrichtungen als primitive Stengel- und Blattorgane, indeß die unterirdischen Fadenstücke, die farblos sind und sich in der Erde verzweigen, Wurzelcharakter besitzen. Nun muß das gewiß Jedermann seltsam vorkommen, daß es der Botaniker ganz in der Hand hat, das Verhältniß in dem Sinne umzukehren, daß der bisher als Wurzel fungirende Theil der Moospflanze Stengel und Blätter hervorbringt, indeß der bisher als oberirdischer Theil Stengel- und Blattorgane bildende grüne Körper zur Erzeugung von wurzelartigen Theilen veranlaßt wird. Man braucht nur in sorgfältiger Weise das lebende Vorkeimpflänzchen sauber zu reinigen und derart zu verpflanzen, daß das Unterste zu oberst und das Oberste zu unterst kommt. Alle Zellen des jungen Moosvorkeimes haben sonach die Fähigkeit, nicht allein Stengel- und Blattorgane, sondern auch Wurzelzellen zu bilden. Es kommt nur auf die äußeren Verhältnisse an, ob das Eine oder das Andere bei der Weiterentwicklung eintritt. Die Anwesenheit von Luft und Licht, die Feuchtigkeit, die Berührung mit festen Erdpartikeln, Dunkelheit u. s. w. sind Bedingungen, welche in zahllosen Fällen das Verhalten der lebendigen Pflanzenzellen bestimmen. (Weitere Beispiele folgen unten.)

Die Folgen der Befruchtung **thierischer** Eizellen führen im Wesentlichen zu denselben Resultaten, wie im Pflanzenreich:

Das befruchtete Ei, d. i. die Keimzelle oder Embryonalzelle, beginnt alsbald eine Reihe von Erscheinungen, die zunächst nichts Anderes darstellen, als gesetzmäßig aufeinander folgende Zelltheilungen.

Die Zoologen nennen die ersten Zelltheilungen der befruchteten Eizelle schlechtweg den **Furchungsprozeß.**

Die Furchungsvorgänge führen bei allen mehrzelligen oder vielzelligen Thieren im Wesentlichen zu denselben Resultaten: zunächst theilt sich die befruchtete Eizelle in zwei ebenbürtige Tochterzellen, die von einer gemeinsamen Hülle umgeben bleiben. Dann theilen sich diese 2 Zellen ebenso, es resultiren 4 Zellen, die sich alsbald durch Zweitheilung in 8 Zellen vermehren.

Durch Wiederholung des Theilungsvorganges entstehen nach einander aus 8 Zellen 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024 ꝛc. Zellen, die — von gemeinsamer Hülle umschlossen — einen kugeligen Zellenhaufen darstellen von der Gestalt einer Maulbeere.

Die zahlreichen Zellen des maulbeerartigen Keimwesens, der Morula, erscheinen von einem gewissen Stadium an alle so an-

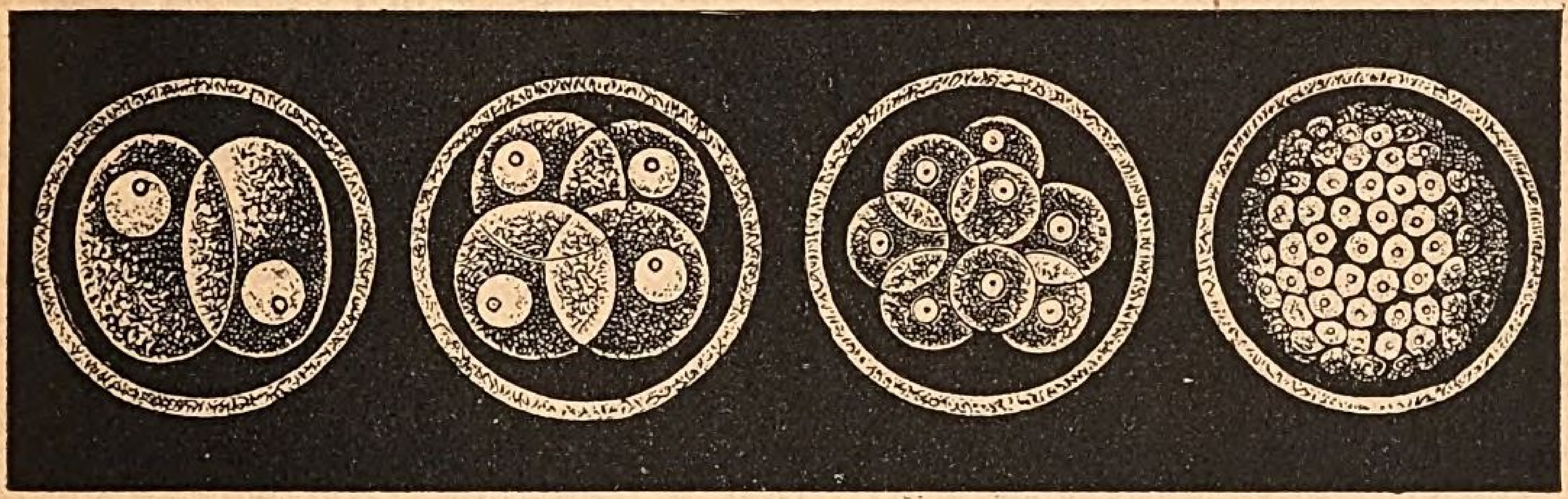


Fig. 20. Furchung eines befruchteten Eies. (Nach Häckel.)
Auf diesem Stadium bleibt Volvox Globator und Volvox minor stehen.

geordnet, daß sie die holperige Wand einer Hohlkugel bilden, welch letztere mit einer Flüssigkeit erfüllt ist.

Diese erste Entwicklung der Keimanlage ist für **alle** höheren Thiere dieselbe, gleichviel, ob es sich um den Keim eines Polypen, oder eines Wurmes, oder eines Fisches, oder eines anderen Wirbelthieres — mit Einschluß des Menschen — handelt. Das maulbeerartige Keimwesen ist Allen gemein; sie haben alle einerlei Morula.

Hierauf folgt in der Weiterentwicklung der Keimanlage die sogenannte Gastrulation: es entsteht auf der einen Seite des maulbeerartigen Zellenhaufens eine grubenförmige Einsenkung in der kugeligen Oberfläche, wie wenn eine unsichtbare Hand bei einem hohlen Kautschukball an einer Stelle die elastische Masse nach Innen drücken würde.

Jene Grube an der einen Seite der Morula wird nun in der Folge immer mehr vertieft, bis die nach Innen vorgeschobenen

Zellen mit den Zellen der entgegengesetzten Hälfte in direkte Berührung gerathen (Figur 21 III unten).

Das ganze Keimwesen ist nun aus einer Hohlkugel mit einfacher Zellschichte zu einem offenen Sack mit doppelter Zellschichte als Wand geworden.

In diesem Stadium nennt man die Embryoanlage schlechtweg Gastrula.

Es ist mehr als wahrscheinlich, daß sämmtliche vielzelligen Thiere dieses Stadium durchlaufen, da alle bis jetzt ermittelten Furchungsgeschichten höherer Thiere im Wesentlichen die gleichen

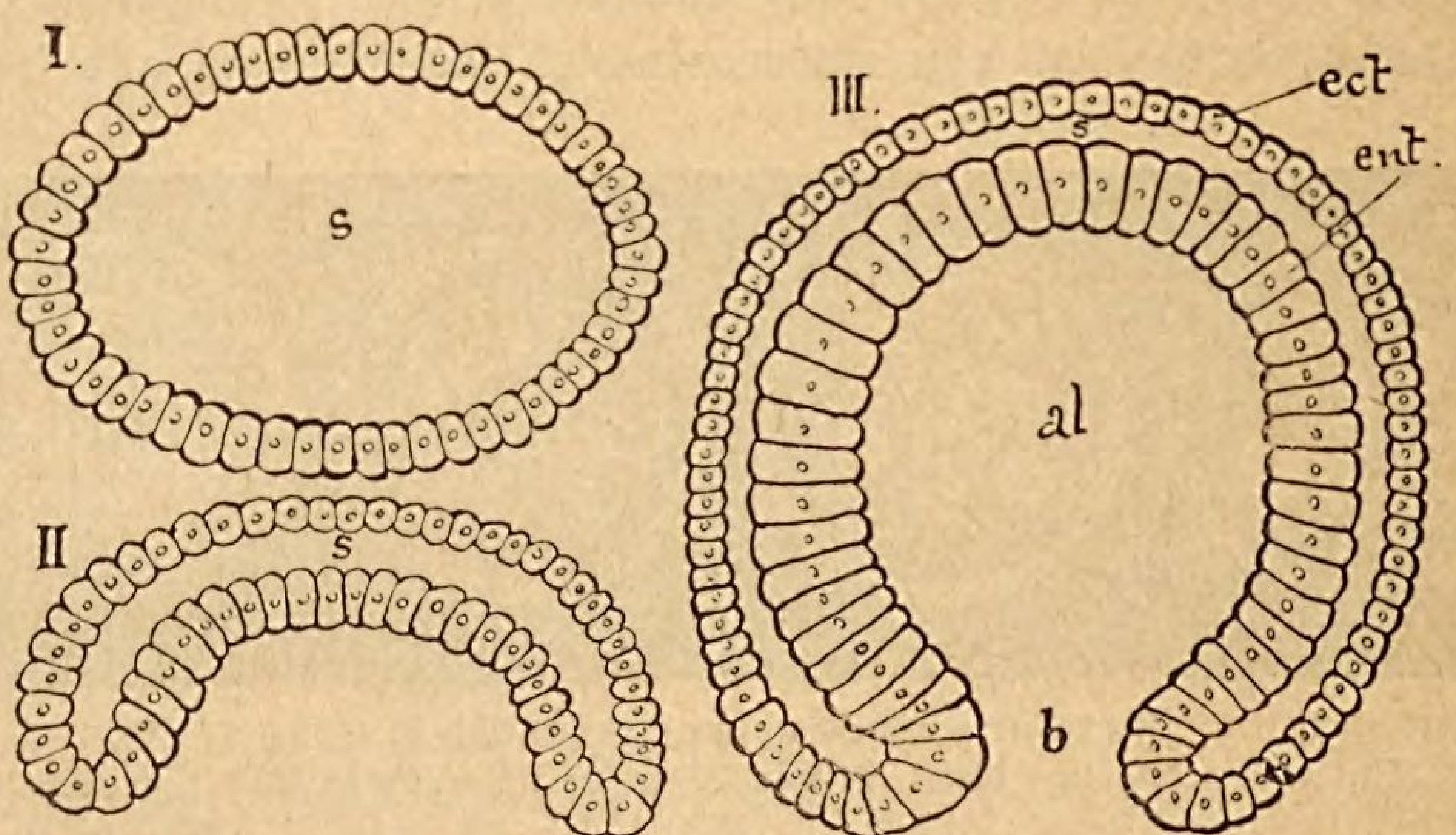


Fig. 21. Entstehung der Gastrula vom Lanzettfischchen. (Nach Kowalevsky.) s Ursprünglicher Hohlraum der Morula. al Nahrungshöhle der Gastrula. b Oeffnung des Nahrungsraumes (Urmund).

Resultate ergaben: so bei Pflanzenthieren (Zoophyten), bei Würmern, bie Seeigeln (Echinodermen), bei Gliederfüßlern (Arthropoden), bei Weichthieren (Mollusken) und bei Wirbelthieren.

Die niedrigsten Formen der vielzelligen Thiere gehen übrigens nie wesentlich über das Gastrula-Stadium hinaus.

Quallen, Polypen und Seeanemonen zum Beispiel sind ihr ganzes Leben lang im Grunde nicht viel mehr als Gastrulae, bei denen die Oeffnung des Hohlraumes zum Munde des Thieres wird, die innere oder eingestülpte Zellschicht den Magen, die äußere Schicht aber die Haut darstellt.

Höher entwickelte Thiere als die eben genannten schreiten in der Organisation der Keimanlagen weiter. Dabei gehen **Wachsthum** und **Zelltheilung** Hand in Hand.

Das Wachsthum ist nothwendige Folge von Nahrungsaufnahme. Die Nahrung liefert das rohe Baumaterial zum wachsenden Leib; die Gestaltung des Leibes aber ist im Wesentlichen das Produkt des lebendigen Protoplasmas, in welchem der **Zellkern** die **Hauptrolle** spielt und die Außenwelt bedingend mitwirkt.

Das soll zunächst gezeigt werden am Verhalten des **Zellkernes** bei den **Furchungsvorgängen.**

Jede befruchtete Eizelle theilt sich erst in zwei ebenbürtige Furchungszellen, wenn der durch die Verschmelzung des männlichen

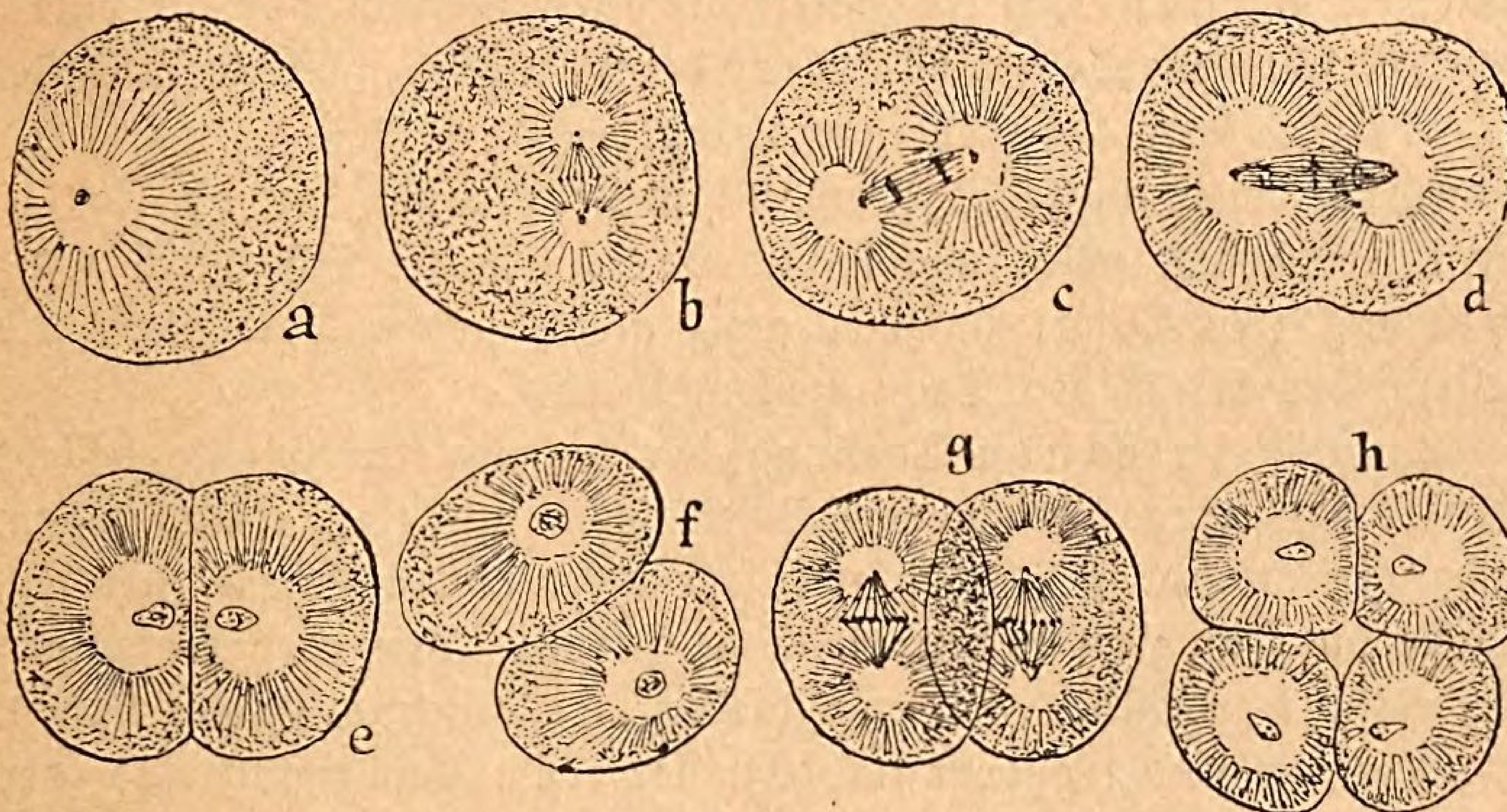


Fig. 22. Die zwei ersten nach einander auftretenden Furchungstheilungen der Eizelle (Embryonalzelle) eines Wurmes.
a bis e erste Furchungstheilung. f g h zweite Furchungstheilung.
(Nach Strasburger.)

mit dem weiblichen Zellkern entstandene Embryonalkern sich in zwei identische Tochterkerne getheilt hat. Hierbei finden jene Veränderungen und Umsetzungen in den Kernmassen statt, welche man unter dem Ausdruck Karyokinese des Einläßlichsten studirt und bei verschiedenen Thierformen ähnlich befunden hat wie bei manchen Pflanzen.

Es ist, nachdem ich oben in Figur 6 (pag. 84) die Kern- und Zelltheilung einer Pfanzenzelle dargestellt und besprochen habe, nicht nothwendig, daß ich auf alle Details der durch Figur 22 illustrirten Furchung eines thierischen Eies eintrete, da sich die Hauptphasen dieses Vorganges bei einem Blick auf die Figur 22 von selbst ergeben, sobald man die Erscheinungsreihe von

a bis h mit einiger Aufmerksamkeit verfolgt. Ich hebe nur ein paar Hauptpunkte heraus: Da der Kern der befruchteten Eizelle gleich große Mengen Keimplasmas von den beiden Geschlechtszellen väterlicher und mütterlicher Seite erhalten hat; da ferner die aus den Keimplasmen der beiden Elterkerne bestehenden Kernfäden sich vor der ersten Theilung des Embryonalkernes der Länge nach in identische Hälften spalten und diese ihre Hälften an die beiden Tochterkerne abgehen, um dort das Kerngerüste für die durch Theilung der Eizelle entstehenden zwei Tochterzellen zu bilden: so enthält nach vollzogener Kerntheilung jeder der beiden Tochterkerne materiell und potentiell die Hälfte des Keimplasmas von der väterlichen Geschlechtszelle sowohl als von der mütterlichen Geschlechtszelle.

Die ersten Theilungsprodukte der Furchung sind identisch, weil auch das gewöhnliche Zellplasma, der sog. Dotter der thierischen Eizelle, wie Figur 22 c d e zeigt, sich durch Einschnürung (Furchung) in zwei ganz gleich große Portionen, die Zellenleiber der beiden Tochterzellen, theilt.

Nach dieser ersten Theilung der befruchteten Eizelle besteht der Keim (Embryo) des neuen Wesens also aus zwei ebenbürtigen, erbgleichen Zellen, die insofern der befruchteten Eizelle gleichen, als sie die Fähigkeit haben, jede in gleicher Weise den Gesammtorganismus zu bilden, wie verschiedene Experimente gezeigt haben.

Aber sie sind trotzdem insofern der ersten Embryonalzelle (der befruchteten Eizelle) ungleich, als sie jetzt die Theile eines zweizelligen Wesens darstellen.

Da die Kern- und Zelltheilungsvorgänge sich in der Folge bei den weiteren Furchungsprozessen immer in gleicher Weise abspielen, wie bei der ersten Furchungstheilung, so resultiren bei der zweiten Theilung 4 erbgleiche Zellen, bei der dritten Theilung 8, bei der vierten Theilung 16 u. s. w.

Diese Furchungszellen berühren sich gegenseitig, stehen also, wenn wir sie mit der Eizelle vergleichen, aus der sie hervorgegangen sind, ganz in anderen Verhältnissen zu der Umgebung.

Jede dieser zahlreichen Furchungszellen ist jetzt ein untergeordneter Theil einer höheren Einheit, der Morula oder der Gastrula.

Jede dieser Zellen steht zu den benachbarten Zellen desselben Embryos in Wechselbeziehung und wird in ihrem Verhalten von den Nachbarzellen beeinflußt. „Je mehr dies der Fall ist, um so mehr

wird die Selbständigkeit der Zelle als Elementarorganismus so aufgehoben, daß sie nur noch als untergeordneter und in Abhängigkeit vom Ganzen funktionirender Theil erscheint."

Je komplizirter sich ein Organismus — Pflanze oder Thier — aufbaut, desto mehr büßen die Einzelzellen, welche diesen Organismus zusammensetzen, an freier Selbständigkeit ein. Dies zeigen uns nicht nur tausend Beispiele aus der Pflanzenwelt, sondern dies zeigt uns auch jede Entwicklungsgeschichte irgend eines vielzelligen Thieres.

Die denkbar freieste Zelle ist das denkbar einfachste Thier, die denkbar einfachste Pflanze, wo der ganze Organismus, das ganze Lebewesen eine **einzige** sich selbst genügende, selbstherrliche Zelle darstellt, wie z. B. die Amöbe (Figur 1 pag. 65). Aber diese einzelligen Organismen können nur in jenem Sinne als Idealgestalten betrachtet werden, wie man etwa den im Urwald isolirt lebenden Einsiedler, im Gegensatz zum Kulturmenschen, als Idealwesen auffassen könnte.

Jeder gesellschaftliche Verband, wo die mehreren oder vielen Einzelwesen zusammen eine höhere Einheit, einen komplizirteren Organismus bilden, bedeutet durch sein Neben- und Miteinander für das Einzelindividuum eine Beschränkung von Freiheiten, ein Minder von Unabhängigkeit.

Das leuchtet sofort ein, wenn wir uns den plötzlichen Wechsel vergegenwärtigen, der schon mit der Gründung einer einfachen Familie verbunden ist: Zwei Menschen, die vorher — meinetwegen im ungebundensten, freien Naturstande — absoluter Freiheit genossen, vereinigen sich fürs ganze Leben zu selbstgewählter Unfreiheit. Der eine wie der andere dieser beiden Menschen ist nun im Genusse der Daseinsfreuden plötzlich abhängig von einem Nebenmenschen; und wenn es recht gut geht, wird diese Abhängigkeit in demselben Maße gesteigert, wie die Familie an Mitgliedern zunimmt.

Die Natur lehrt uns, daß die Preisgabe solcher Freiheit des Einzelindividuums, die bei der Gründung einer gesellschaftlichen Einheit vom Werth einer Familie geopfert wird, keinen Verlust bedeutet, sondern ein Vortheil ist.

Die Geschichte der menschlichen Gesellschaft lehrt dasselbe in Ansehung der Freiheit und Unabhängigkeit, die geopfert werden, wenn Tausende oder Millionen von Einzelfamilien einen Kulturstaat

aufbauen. Die aus einer Vielheit zusammengesetzte höhere Einheit (die Familie, die Gemeinde, der Staat) erweist sich im Gang der Geschehnisse als kräftiger und mächtiger, denn das Einzelindividuum in seiner absoluten, aber auch barbarischen Freiheit.

Indem die höhere Einheit mit ihren Tausenden und Millionen von Elementarorganismen (Einzelzellen, Einzelbürger) gedeiht, gedeihen ja auch diese letzteren, als glücklich zusammengefügte Komponenten, die mehr oder weniger von einander und vom großen Ganzen abhängig sind.

Die Bedingungen der Weiterentwicklung und die Art dieser Weiterentwicklung einer lebendigen Zelle oder einer Zellengruppe sind verschieden je nach der Umgebung, dem Milieu der Zelle oder Zellengruppe. Die Pflanzenwelt bietet uns zahlreiche Beispiele dafür, daß der Experimentator es ganz in seiner Hand hat, aus einer pflanzlichen Organanlage werden zu lassen, was er will, wo die äußeren Bedingungen, wo eben das Milieu die Art der Weiterentwicklung bedingt.

Der verdienteste Pilzforscher unseres Jahrhunderts, Professor Dr. Oskar Brefeld, zeigt an zahllosen Beispielen, daß die Entwicklungsform verschiedener Bodenpilze beliebig abgeändert werden kann einfach dadurch, daß man die betreffenden Pilze unter verschiedene Ernährungs- und Lebensbedingungen bringt.

Professor Klebs in Basel hat Aehnliches an verschiedenen Grün-Algen gezeigt.

An Moos-Vorkeimen ist ein Gleiches ermittelt worden, wie ich bereits oben auseinandergesetzt habe.

Zu der Umgebung der Einzelzelle oder der zu einem vielzelligen Organ entwickelten Zellengruppe gehört in erster Linie die Gesammtheit aller anderen Organe derselben Pflanze oder desselben Thieres.

Unter den gewöhnlichen natürlichen Verhältnissen besteht zwischen Form, Größe und Verrichtung der verschiedenartigen Organe eines jeden Lebewesens jene gesetzmäße Harmonie, jener Zustand des Gleichgewichtes, der im Verlauf der organischen Schöpfungsgeschichte durch natürliche Zuchtwahl im Kampf ums Dasein von jeder Art von Lebewesen erreicht worden ist und jede Art von Pflanze unterscheidet von allen anderen Pflanzen, wie auch jede Art von Thieren sich eben durch jene Harmonie unterscheidet von allen anderen Thierarten.

Wird jene Harmonie, Proportionalität, jenes eigenartige Gleichgewicht gestört, indem z. B. ein Organ verstümmelt oder abgeschnitten wird, so äußert sich die Folge dieses Eingriffes auch im weiteren Verhalten anderer Organe. Der Beispiele hiefür sind zahllose. Hier mögen nur einige wenige angeführt werden:

Gärtner und Landwirthe wissen, daß bei manchen Bäumen und Sträuchern, an denen der Gipfelsproß geköpft wird, eine unscheinbare, oft mit unbewaffnetem Auge kaum wahrnehmbare Seitenkospe unterhalb der Schnittfläche zur raschen Entwicklung gelangt und zu einem neuen Gipfelsproß auswächst, während dieselbe Knospe unter normalen Verhältnissen sich gar nicht weiter entwickeln würde. Das lehrt uns, daß Gipfelsproß und Seitenknospen in einer innigen Wechselbeziehung stehen.

Bei unserem Schlehendorn (Prunus spinosa, Schwarzdorn) sind die spitzen seitlichen Dornen nichts Anderes als kurzgebliebene Seitenzweige eines längeren Laubsprosses. Wenn wir im Frühjahr einen solchen Langtrieb auf richtiger Höhe durchschneiden, so entwickelt sich eine, oder es entwickeln sich etliche Knospen, welche kurze, steife Dornen abgeben sollten, in der Folge zu Langtrieben. Diese Wechselbeziehung zeigt sich auch an Bäumen, deren Entwicklung in der Region des Wurzelwerkes abhängig ist von der Entwicklung des Stammgerüstes und umgekehrt. Eine mächtige Ast- und Laubkrone bedingt ein mächtiges Wurzelsystem und umgekehrt. Wenn der Wurzelstock in empfindlicher Weise verstümmelt wird, so verkümmert auch derjenige Theil der Laubkrone, welcher auf derselben Seite des Baumes steht.

Wird an einem Waldbaum plötzlich ein mächtiger Ast vom Sturme weggerissen, so wird davon auch die Mächtigkeit der zuwachsenden Jahrringe im Holzkörper des Stammes, und es wird auch der Wurzelstock derselben Seite empfindlich betroffen.

Bei Thieren zeigt sich die Wechselbeziehung zwischen verschiedenartigen Organen in nicht minder auffälliger Weise. Die Zerstörung der Geschlechtsdrüsen (Eierstöcke, Hoden) bei jungen Thieren hat zur Folge, daß sich die sekundären Geschlechtscharaktere nicht oder nur mangelhaft entwickeln. (Kastrirte Knaben entwickeln sich wohl zu normaler Mannesgröße; aber ihre ungebrochene Stimme bleibt zeitlebens ungebrochen, was ja bekanntlich lange Zeit der Grund gewesen, warum man an Menschen diese häßlichste und verhängnißvollste aller Verstümmelungen vollzog — zur größeren Ehre

Gottes, der in Kastratengesängen der St. Peterskirche zu Rom verherrlicht ward.)

Es ist auch bekannt, daß der Mehrgebrauch oder der Nichtgebrauch verschiedener Organe nicht allein diese letzteren, sondern auch andere, benachbarte Organe in der Entwicklung beeinflußt: so werden nicht blos die sehr stark gebrauchten Muskeln an Armen und Beinen viel stärker entwickelt, als wenn sie wenig gebraucht werden, sondern durch den stärkeren Gebrauch der Muskeln werden auch die zuleitenden Blutgefäße, die zugehörigen Nerven und dadurch wieder zentrale Stellen des Nervensystems beeinflußt. (Hertwig.)

So sehen wir also, daß jede Zelle oder jede Zellengruppe in ihrer Entwicklung nicht allein von den im Protoplasma der betreffenden Pflanzen- oder Thierart etablirten Vererbungsgewohnheiten, sondern in sehr hohem Grade auch von der äußeren Umgebung abhängig ist.

Das Studium der **Zelltheilungsvorgänge** bei den verschiedenartigsten Organismen hat ergeben, daß bei den drei ersten Furchungstheilungen in der Regel die Furchungsebenen in chronologischer Folge senkrecht aufeinander stehen, zum Beispiel folgender Art:

Liegt die Furchungs- oder Halbirungsebene bei der ersten Theilung des befruchteten Eies horizontal und resultirt in Folge dessen eine Halbirung des Eies in eine obere und in eine untere Halbkugel, so erfolgt die nächste Theilung in der oberen und in der unteren Halbkugel durch eine Furchungsebene in senkrechter Richtung; die dritte Theilung erfolgt dann durch eine Furchungsebene, die ebenfalls senkrecht, aber zugleich auch rechtwinklich zur zweiten, das heißt zur vorhergehenden Furchungsebene steht.

Wir verlassen das Kapitel von den „Folgen der Befruchtung“ mit dem Hinweis auf jenes Entwicklungsstadium, wo der Embryo aller höheren Thiere als Gastrula erscheint, um nun im folgenden Kapitel den **Hauptsatz** der neueren entwicklungsgeschichtlichen Forschungen zu betrachten.

VIII.

Das biogenetische Grundgesetz Häckels.

Die Ableitung des Menschen von der Amöbe; das Ei — eine Amöbe. Die Hemmung der wissenschaftlichen Erkenntniß durch religiöse Glaubenssätze. Die verkehrte Denkrichtung des christlichen Mittelalters: Vermeidung aller Diskussion über physische Zeugung. Das Erwachen des Erkenntnißdranges mit dem progressiven Fortschreiten der vergleichenden Entwicklungsgeschichte. Ernst Häckels biogenetisches Grundgesetz. Blastula und Gastrula. Weiterentwicklung über die Gastrulation hinaus. Belege für das biogenetische Grundgesetz. Ein paar Züge aus der Entwicklungsgeschichte des menschlichen Keimes: das Herz, Kiemenbögen des Embryos im Mutterleib der höheren Thiere und des Menschen, die Verkümmerung des Schwanzes bei den anthropoiden Affen und beim Menschen. Die phylogenetische und die ontogenetische Entwicklung des Hirnes. Die Bedeutung des Hirnes als Nährboden der seelischen Vermögen. Instinkte. Der Mensch — ein großhirniges Thier. Die Bestätigung des biogenetischen Grundgesetzes durch die Geschichte der Kulturvölker. — Das abgekürzte Verfahren in der ontogenetischen Entwicklung — ein Resultat der natürlichen Zuchtwahl. Belege für das Grundgesetz aus der Pflanzenwelt, aus der Entwicklungsgeschichte der Moose, Farnkräuter, Nacktsamer und Bedecktsamer. Verschiebungen und „Fälschungen" der Phylogenesis während der ontogenetischen Entwicklung. Pflanzen- und Thierwelt haben einerlei Ursprung. Wie wir uns die gemeinsamen Vorfahren der höheren Thiere und der höheren Pflanzen zu denken haben. Die Kugelpflanzen oder Kugelthierchen (Volvocineen). Der Ausgangspunkt in der Entwicklung der geschlechtlichen Fortpflanzung: Die Eizellen und die männlichen Samenzellen sind abgeleitet von ungeschlechtlichen schwärmenden Fortpflanzungszellen. Der Stammbaum der Lebewesen.

Jedes höhere Lebewesen wiederholt in seiner individuellen Entwicklungsgeschichte mehr oder weniger deutlich die hauptsächlichsten Entwicklungsstadien seiner niedrigen Vorfahren.

Die Lebewelt unseres Planeten hat mit niedrigsten Lebewesen begonnen, die ein einfaches nacktes Klümpchen Protoplasma darstellten.

Sie ist von diesem Einfachsten fortgeschritten zum Zusammengesetzteren.

Aus einzelligen Wesen entstammten vielzellige.

Die höchste Entwicklungsstufe hat die Natur im Menschen erreicht. Vor Zeiten hat der Mensch sein Herkommen von Göttern abgeleitet. Erst wenige Jahrzehnte sind verflossen, seit die Wissenschaft das Herkommen des Menschen von — — der Amöbe ableitet.

Eine Amöbe ist das befruchtete Ei. Aus einem befruchteten Ei entwickelt sich der Liebling der Götter.

Und sein Entwicklungsgang von der Eizelle ab bis zum kraftstrotzenden stolzen Jüngling, bis zur aufblühenden Jungfrau ist zu

einer mächtigen Offenbarung geworden, vor welcher alle Dunkelheit des Glaubens verschwinden wird, wie der starre Schnee frostiger Winteröde vor den wärmenden Strahlen der wiederkehrenden Lenzessonne.

Es ist kein Zweifel, daß unseliges Glaubenswesen auf den Fortschritt des wissenschaftlichen Erkennens ein paar Jahrtausende lang in demselben Maße hemmend eingewirkt hat, wie die eisernen Ketten die Freiheit der Bewegung eines Gefesselten einschränken. Hätten vor zweitausendfünfhundert Jahren die damaligen Philosophen Griechenlands von der Entwicklung der Pflanzen und Thiere nur so viel gewußt, als heute ein fleißiger Student der Medizin oder der Naturwissenschaft in zwei einzigen Semestern an wirklichem Wissen in sich aufnimmt: das zur geistigen Führung berufene Abendland würde nicht eine solche Verknöcherung von Glaubenssätzen, nicht eine solche Bevormundung des Denkens und Handelns erlebt haben, wie es das christliche Mittelalter gesehen hat. Religionskriege, Inquisition und Hexenverfolgungen wären unmöglich geworden. Die „ewige Idee" Platons wäre angesichts der Entwicklungsgeschichte eines bebrüteten Hühnereies im Keime erstickt und das Christenthum wäre eine unschuldige kommunistische Sekte geblieben. Hat es jemals eine verkehrtere Denkrichtung gegeben, als jene gewesen, die das christliche Mittelalter beherrschte?

Was konnte verkehrter und naturwidriger sein, als die Lehre, daß wir die wirkliche Welt des Naturgeschehens vornehm außer Acht zu lassen, dagegen die Träumereien von einer nichtexistirenden jenseitigen Geisteswelt als Vornehmstes zu setzen haben!

Man verachtete als „Unrath" die ganze Welt der wirklichen Dinge; man vergötterte dagegen ein Kartenhaus blos eingebildeter Dinge und sinnloser Begriffe ohne wirklichen Inhalt. So versteht sich, daß man die Hühner wohl gebraten, aber ihre Entstehung aus dem Ei nicht kennen zu lernen für nothwendig oder wünschbar gefunden hat.

Man verachtete das Weib als Verführerin des Mannes (Eva im Paradies!) und begrüßte jeden Neugeborenen als mit der Erbsünde behaftetes Produkt unreiner („befleckter!") Empfängniß.

Was Wunder, wenn man sich vornehm und keusch und in heiligem Abscheu von den Geschehnissen der Zeugung, Befruchtung und Entwicklung abwendete.

Die Kirche hat seinerzeit das Zergliedern menschlicher Leichen verboten — aus Gründen der Auferstehung. Man trug Sorge, daß

die sündhaften Knochen scheinbar beisammen und zur Auferstehung bereit liegen blieben; aber man kümmerte sich nicht darum, wie diese sündhaften Knochen und Alles das, was daran hängt, entstehen konnten.

Aus einem unentwirrbaren Chaos von todten Glaubenssätzen und widerspruchsvollen Lebens- und Denkregeln keimte trotz Widerstrebens der Kirche jene wirkliche Wissenschaft vom natürlichen Geschehen, von der Entwicklung alles wirklich Seienden.

Schon im vorigen Jahrhundert hatte die Entwicklungsgeschichte als Wissenschaft vom Werden und Vergehen bedeutende Fortschritte zu verzeichnen. Zur großen Entfaltung aber kam die Zeugungs- und Entwicklungswissenschaft erst mit dem Sieg der Darwinschen Abstammungslehre.

In Deutschland hat der Jenenser Forscher Ernst Häckel — ein begeisterter Schüler Darwins — darin das Größte geleistet, daß er die Hauptgesetze der Entwicklung nicht nur richtig erkannte, sondern in klaren und tapferen Worten auch zum geeigneten Ausdruck brachte. Mit großen breiten Strichen malte er ein Bild von der Schöpfung alles Seienden, vor dessen Kühnheit und Farbenglanz die Augen der ganzen geistlichen und weltlichen Klerisei übergingen. Auch hier zeigte sich alsbald der gute Wille, den unbequemen Ketzer zu schmoren und zu verbrennen. Häckel lebt aber noch und hat die Freude, sein Hauptwerk: das biogenetische Grundgesetz, als Hauptpfeiler der ganzen Entwicklungslehre zu unwandelbarer Festigkeit erhärtet zu sehen. Die Schule Häckels hat die Amöbe zum Ausgangspunkt genommen, als sie nach den Offenbarungen suchte, die im Werden und Wachsen aller lebendigen Kreaturen zu finden waren.

Heute wissen wir, daß des Menschen Zeugung und sein Entwicklungsgang von der Eizelle an ein sündenfreies Naturgeschehen ist. So fällt die reife Frucht vom Baume der Erkenntniß in die Hand des Verlangenden als ein Heiliges.

Wir haben im vorhergehenden Kapitel gesehen, daß das befruchtete Ei aller höheren Thiere durch wiederholte Kern- und Zelltheilung zunächst zu einem hohlkugeligen Zellenhaufen, zur Bildung einer Blastula (Figur 23 A) weiterhin durch einen eigenartigen Wachsthumsvorgang zur sogenannten Gastrula (Figur 23 B) führt.

Auf dieser Entwicklungsstufe bleiben manche Gruppen der mehrzelligen Thiere stehen (Quallen, Seeanemonen, Polypen). Alle

höher entwickelten Thiere überschreiten aber diese Entwicklungsstufe, indem durch weitere Kern- und Zelltheilungen zwischen Ektoderm und Entoderm eine mittlere Zellschichte gebildet wird, die den Namen Mesoderm erhalten hat.

Nun nimmt der Embryo (Keim) des höheren Thieres die Gestalt eines Rohres an, dessen Wand aus übereinander liegenden Zellschichten aufgebaut erscheint.

Die neueren entwicklungsgeschichtlichen Untersuchungen haben zu dem bedeutsamen Ergebniß geführt, daß aus der äußersten Zellschichte des rohrförmigen Keimes später die Oberhaut mit

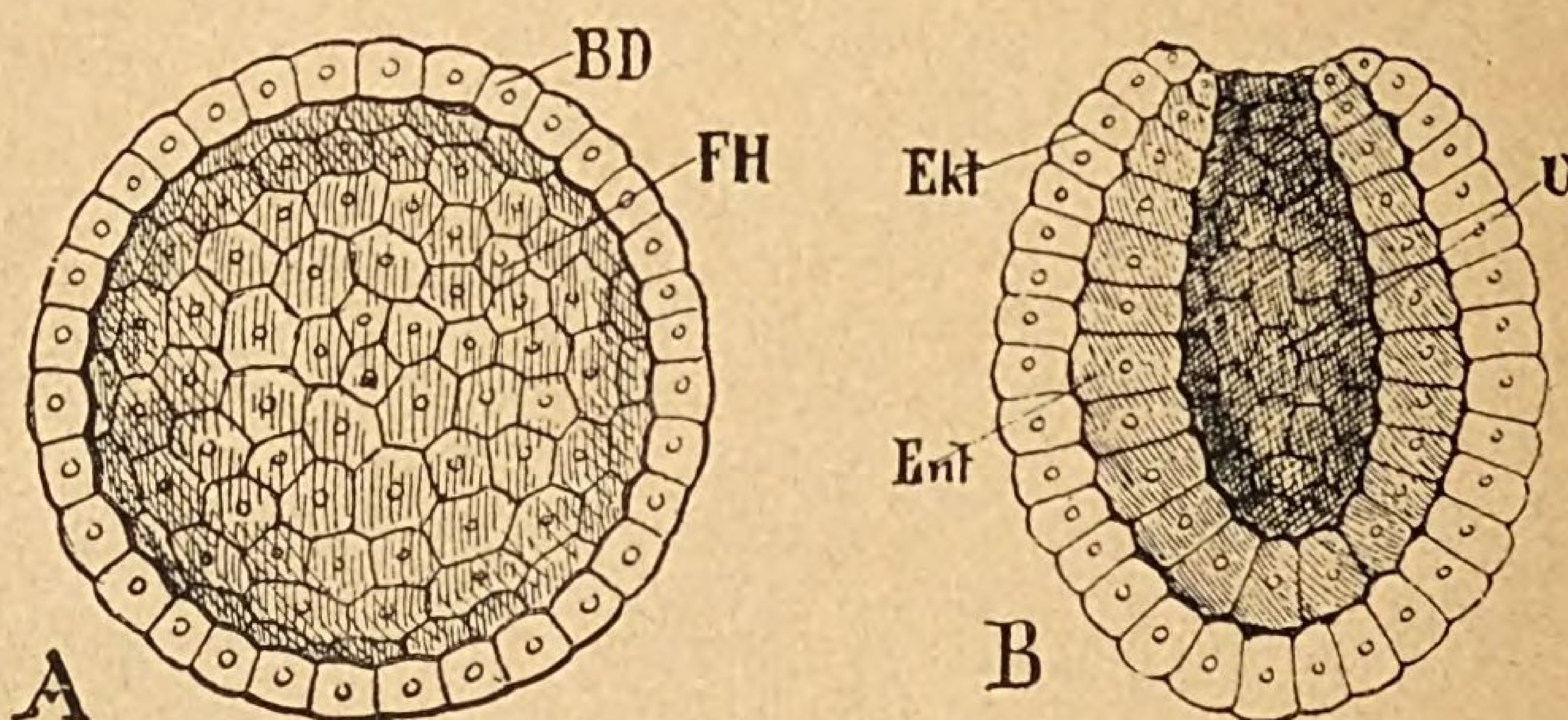


Fig. 23 A. Blastula, eine Hohlkugel darstellend, deren Wand aus einer einfachen Zellschichte besteht. FH Furchungshöhle. BD Blastoderm.
B. Gastrula, eine Blase darstellend, deren Wand aus zwei Zellschichten besteht: Ekt. — Ektoderm — äußere Zellschichte. Ent. — Entoderm — innere Zellschichte. U Urdarmhöhle.

ihren verschiedenen Anhangsorganen und das Zentralnervensystem mit den speziellen Sinnesorganen hervorgehen, indeß aus der mittleren Zellschicht (Mesoderm) die willkürlichen Muskeln, die Knorpel und Knochen, die Blutzellen, das Herz und die Gefäße, sowie der weitaus größte Theil des Harn- und Geschlechtsapparates ihren Ursprung nehmen.

Aus der innersten Zellschichte dagegen bilden sich im weiteren Entwicklungsgang des Keimes die den Darm auskleidenden Epithelzellen und die dem Darm als Neben- und Hilfsorgane beigesellten Magen- und Darmdrüsen, sowie Leber und Lunge.

Von dem Keimentwicklungsstadium an, wo bereits ein Ektoderm, ein Mesoderm und ein Entoderm vorhanden ist, gehen nun die

weiteren Entwicklungsreihen bei den verschiedenen Hauptstämmen der höheren Thiere auseinander: anders gestaltet sich die Entwicklung bei den Würmern, anders bei den Weichthieren, anders bei den Gliederfüßlern, anders bei den Wirbelthieren. Es kann nicht mit zu unserer Aufgabe gehören, hier den weiteren Entwicklungsgang der Embryonen verschiedenartiger Thierstämme im Speziellen zur Darstellung zu bringen. Das ist ja die Aufgabe einer ganzen Wissenschaft und sie wird behandelt in gut illustrirten Lehrbüchern der Embryologie oder vergleichenden Entwicklungsgeschichte. Dort wird an der Hand mühsam errungener Forschungsresultate an unzähligen Thatsachen gezeigt:

Daß alle höheren Thiere während ihrer individuellen Entwicklung vom einzelligen befruchteten Ei ab bis zur völligen Reife im ausgewachsenen Zustand der Reihe nach wichtige Entwicklungsstufen ihrer niedriger organisirten Vorfahren durchlaufen und zwar in derselben chronologischen Folge, wie die Entwicklungsgeschichte des Stammbaumes einer jeden Thierklasse sie auch in der Paläontologie markirt hat.

Daß also im Großen und Ganzen die individuelle Entwicklungsgeschichte, die Ontogenie eines jeden höheren Thieres — mit Einschluß des Menschen — eine kurze Wiederholung der Entwicklungsgeschichte des ganzen Stammbaumes, also eine kurze Rekapitulation der Phylogenie darstellt.

Solcher Art sind die Resultate der vergleichenden Entwicklungsgeschichte, daß die Lehre von der Abstammung des Menschen sich sagen kann, sie habe sich „aus dem Munde der Unmündigen und Säuglinge ein Lob bereitet“.

Alle Organe des menschlichen Körpers machen aus unscheinbaren, primitiven Anfängen eine Entwicklung durch, die wir in ihren Einzelheiten erst dann verstehen, wenn wir den Entwicklungsgang anderer verwandter Lebewesen mit in Vergleich ziehen und rückwärts und niederwärts bis an die unterste Grenze thierischer Organisation verfolgen.

Es giebt kein Organ des menschlichen Leibes, das nicht aus einfachster Anlage seinen Ursprung genommen hätte.

Das komplizirte muskulöse Pumpwerk, das Herz mit seinen zwei Vor- und zwei Herzkammern durchläuft in seiner ersten Entwicklung ein Stadium, wo es nur wie ein gekrümmter Schlauch aussieht. (Figur 24.)

Dieser S-förmig gekrümmte Schlauch des menschlichen Embryos erinnert so sehr an das Herz niedriger Thierklassen, daß man dem Gedanken, es haben die niedrigen Vorfahren des Menschen einstmals auch nur ein schlauchartiges Herz gehabt, schlechterdings nicht aus dem Wege gehen kann.

Von dort ab entwickelt sich das einfache Herz auf höhere und noch höhere Stufen; es durchläuft beim menschlichen Embryo der Reihe nach die Entwicklungsstufen des Herzens beim Wurm, bei den Fischen und bei den Reptilien, um schließlich bei der Ausstattung anzulangen, die dem Herzen des Säugethieres zukommt.



Fig. 24. Herz eines menschlichen Embryos von 2,15 Millimeter Körperlänge. Dasselbe stellt einen S-förmig gekrümmten Schlauch dar. (Nach His.)

Aehnlich verhält es sich auch mit den anderen Organen des menschlichen Körpers:

Die erste Anlage der Wirbelsäule ist beim menschlichen Keimwesen eine sogenannte Rückensaite (Chorda dorsalis), ein ungegliederter Strang, wie er beim Lanzettfischchen (Amphioxus lanceolatus) heute noch vorkommt und diesem niedrigsten aller Wirbelthiere während des ganzen Lebens verbleibt.

Das Hirn des Menschen durchläuft in rascher Keimentwicklung die Stufen vom Einfachsten zum Zusammengesetztesten in derselben Folge, wie sich die Vorfahren des Menschen aus primitiven Hirnthieren nach und nach zu den Großhirnthieren der Gegenwart entwickelt haben.

Eine der frappantesten Thatsachen aus der Keimesgeschichte des Menschen ist die Bildung von Kiemenbogen und Kiemenspalten, wie wir sie am menschlichen Embryo in den ersten Entwicklungsstadien antreffen. Diese Organe entwickeln sich bei den Fischembryonen zu regelrechten Wasserathmungsapparaten, während sie beim Menschen gar nie zur brauchbaren Entwicklung gelangen, sondern am Keim wieder verschwinden, ohne jemals etwas genützt zu haben.

Nur durch die auch anderweitig gestützte Annahme, daß die Vorfahren des Menschen einstmals auf der Organisationsstufe der Reptilien und noch früher auf der Stufe niedriger Fische gestanden

haben, erscheint die Bildung von Kiemenbogen und Kiemenspalten am menschlichen Embryo verständlich.

Am unteren Ende der Wirbelsäule des erwachsenen Menschen finden sich einige verkümmerte Schwanzwirbel zum sogenannten Schwanzbein vereinigt. Aber in den ersten Entwicklungsstadien des menschlichen Embryos sind diese Organe so gut angelegt, als gälte

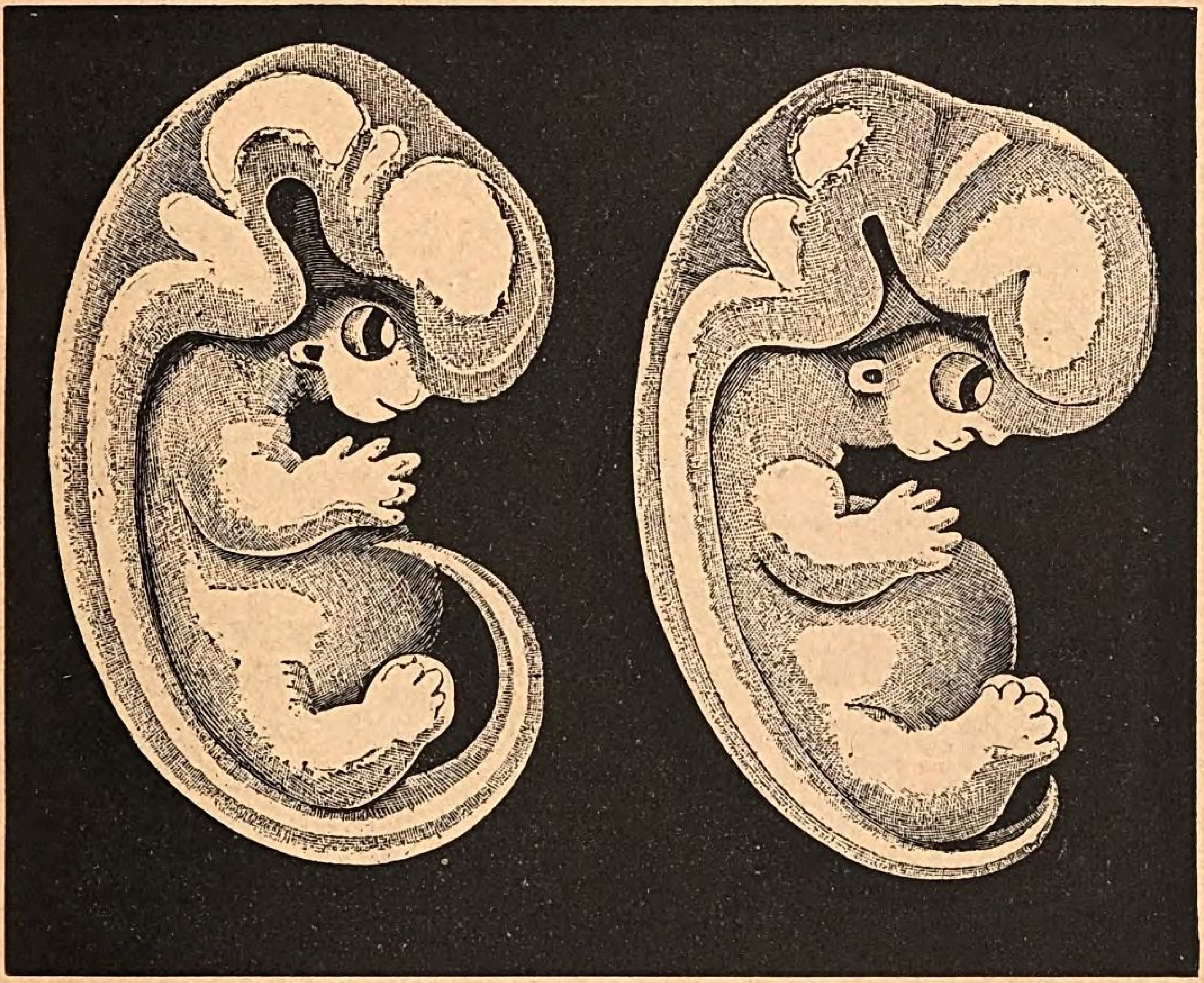


Fig. 25. Embryonen von Hund und Mensch, letzterer in der achten bis neunten Schwangerschaftswoche. (Nach Häckel.)

es, dem werdenden Menschen einen regelrechten Schwanz mit auf den Weg zu geben, wie einem Hund oder einem Pavian.

Es ist kein Zweifel, daß das Menschengeschlecht von einem geschwänzten, affenartigen Vorfahren abstammt. Aber schon im Keimstadium verkümmern seine Schwanzwirbel ähnlich wie bei den ungeschwänzten, menschenähnlichen Affen (Gorilla, Schimpanse, Orang-Utang).

Dieser Verlust ist dem Menschen zum Adel geworden, allein in nicht höherem Maße etwa nur für Junker und Barone, für Freifrauen und Baroninnen, als zum Adel auch für den Gorilla,

für Schimpansen und Orang-Utangs. (Schon von älteren Zoologen wurden die ungeschwänzten Affen mit dem Menschen zusammen in eine und dieselbe Thierordnung — diejenige der **Primaten** — vereinigt.) Die Verkümmerung der 3—5 Schwanzwirbel bei diesem höchstentwickelten aller Thiere beginnt schon so frühe am Embryo im Mutterleib, daß bei der Geburt des Keimwesens äußerlich auch gar keine Spur mehr von jener Rückgratverlängerung wahrzunehmen ist, während der menschliche Embryo am Ende des zweiten Schwangerschaftsmonats unverkennbar geschwänzt erscheint. (Vergl. Figur 25.)

Alle Organe des menschlichen Körpers machen während der Ontogenese Wandlungen durch, welche in chronologischer Folge einen Auszug jener Entwicklungsgeschichte darbieten, welche von jenen Organen und Organgruppen im Verlaufe der Vorfahrenreihen in Tausenden von Generationen erlebt worden ist.

Die künstlerisch schaffende Hand des Menschen war vor Zeiten bei seinen Vorfahren ein Theil der vorderen Flossen eines fischähnlichen Thieres. Dieser Flossentheil entwickelte sich in einem späteren Stadium zum fünfzehigen Fuß eines reptilienartigen Wesens, noch später ward aus diesem fünfzehigen Fuß eine kurzfingerige affenähnliche Hand, aus welcher sich erst bei der Menschwerdung die langfingerige Hand unseres Geschlechtes herausbildete.

Das Hirn des Menschen machte ihn zum Herrn der Welt. Und dieses vornehmste aller Organe ist in den aufeinander folgenden Keimstadien erst ein höchst einfach gebautes, nicht gegliedertes Rohr, welches später zunächst in drei, dann in fünf Hirnblasen gesondert wird. Diese folgen sich — von vorn nach hinten — also:

a. **Vorderhirn**, das sich später bei den Wirbelthieren zum Großhirn entwickelt (cr in Fig. 26).

b. **Zwischenhirn**, welches in der Folge zum sogenannten Sehhügel wird (op in Fig. 26).

c. **Mittelhirn**, das sich zum sogenannten **Vierhügel** entwickelt und namentlich bei den Reptilien und Vögeln eine starke Ausbildung erfährt, bei den Säugethieren in der Folge mehr zurücktritt.

d. **Hinterhirn**, welches sich zum sogenannten **Kleinhirn** (Cerebellum) entwickelt (cb in Fig. 26).

e. **Nachhirn** — später als verlängertes Mark, Medulla oblongata, erscheinend (m in Fig. 26).

In ganz frühen Keimstadien sind die 5 Hirnblasen bei allen Wirbelthieren mit einem wirklichen Hirn so gleichmäßig angelegt, daß man die Embryonen von Reptilien, Vögeln, Säugethieren und Mensch nicht voneinander unterscheiden könnte. Erst bei der weiteren Entwicklung der Keimwesen treten Unterschiede auf, die im Wesentlichen darauf beruhen, daß bei den Vögeln und Reptilien das Mittelhirn ein Uebergewicht erhält, während bei den Säugethieren das Vorderhirn mehr und mehr zur Entfaltung gelangt,

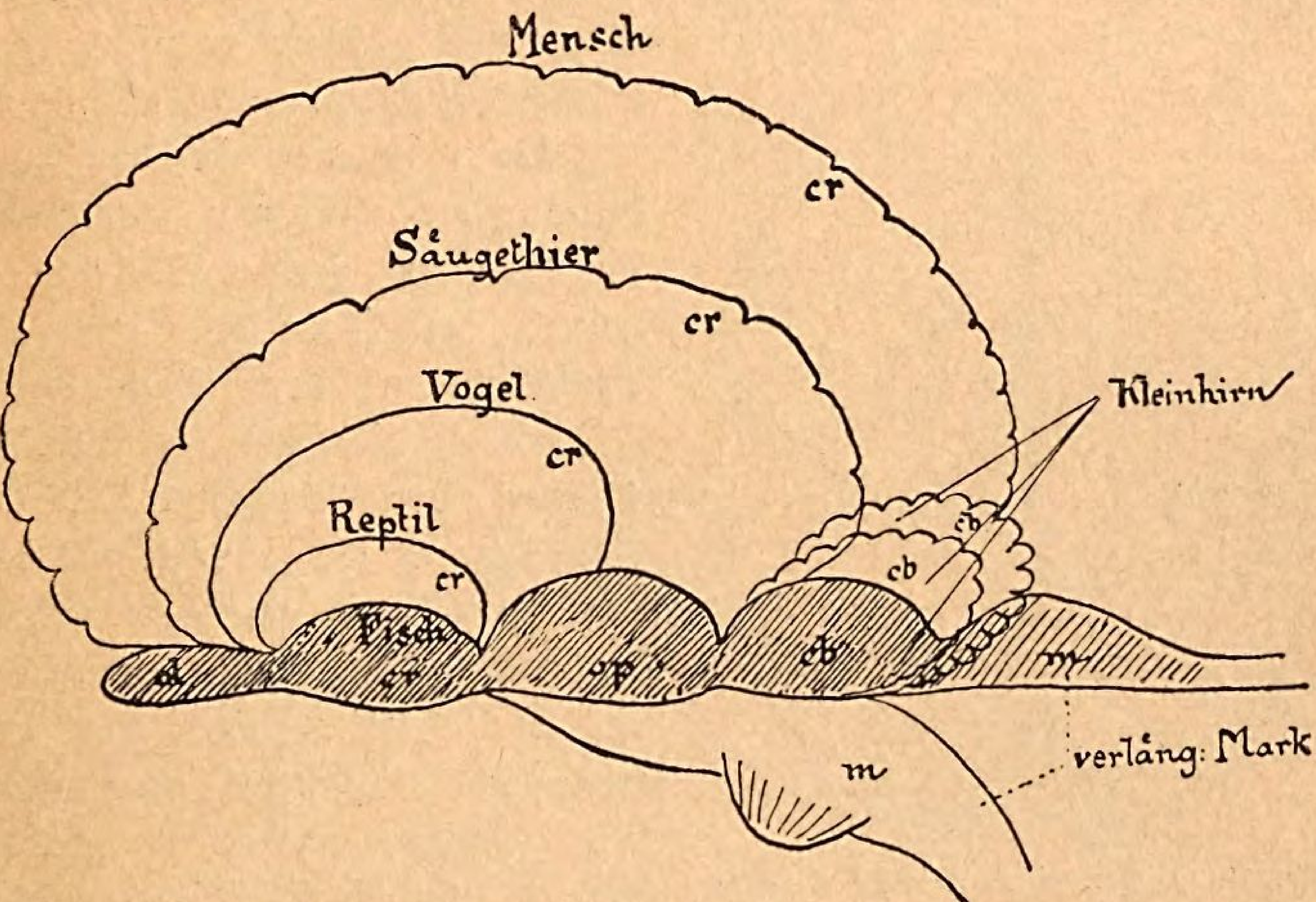


Fig. 26. Schematischer Längsschnitt durch die Hirntheile aller Wirbelthierklassen. d Riechlappen, cr Großhirn, op Sehhügel, cb Kleinhirn, m Medulla oblongata — verlängertes Mark. (Nach Le Conte.)

das ja bekanntlich beim Menschen sich so stark entwickelt, daß es alle anderen Hirntheile überragt und bedeckt.

Lange Zeit wächst das Hirn des menschlichen Keimwesens im Mutterleib genau so, als müßte ein Reptilienhirn oder ein Vogelhirn gebildet werden. Dann schreitet aber die Entwicklung weiter, indem das Vorderhirn mit seinen beiden Hemisphären enorm an Masse zunimmt und die Ausbildung eines Säugethierhirnes erfährt, bei welchem das Vorder- oder Großhirn einen bedeutenden Theil des Mittel- oder sogar des Hinterhirnes oder Kleinhirnes bedeckt.

Die Hirnphysiologie hat gezeigt, daß das Großhirn das Organ der sogenannten geistigen Bethätigung ist und daß

es hauptsächlich die an die Großhirnoberfläche grenzenden Hirngewebe sind, welche den Sitz der geistigen Kapazität abgeben.

Je stärker die Hirnrindentheile in die **Fläche** entwickelt erscheinen, desto größer die geistige Kapazität des Hirnes. Zur Vergrößerung der Oberfläche jener Hirnrinde gelangt das ganze Organ nicht allein durch Massenzunahme, sondern auch durch Bildung von Gruben und Falten. Je weiter die Entwicklung des Hirnes fortschreitet, desto mehr bilden sich an der Oberfläche des Großhirnes mehr weniger tiefgehende Furchen und Falten aus.

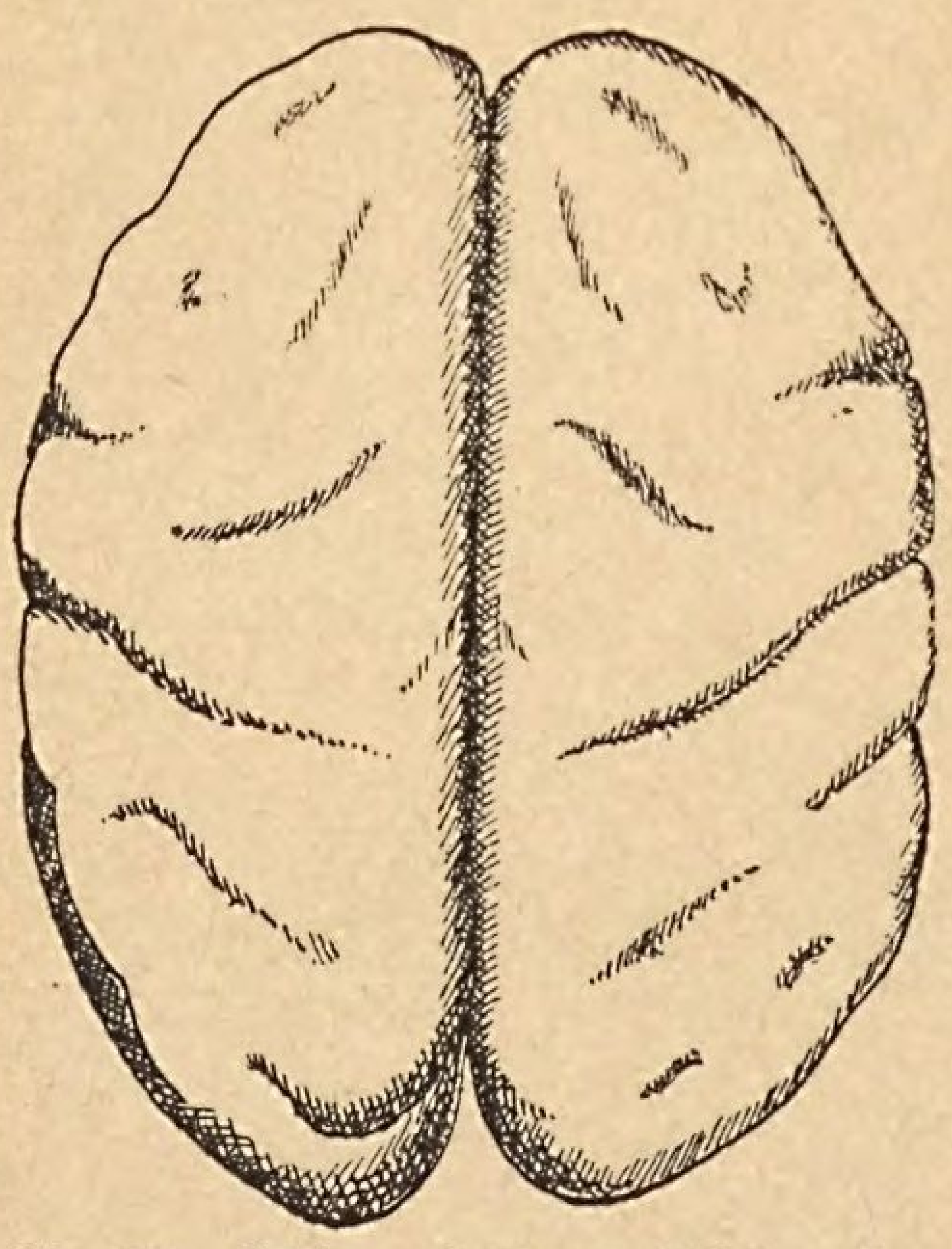


Fig. 27. Gehirn eines menschlichen Embryos aus dem Anfang des achten Monats, von oben gesehen. (Es sind erst einige wenige Furchen und Windungen zu sehen.)
(Nach Mihalkovics, Hertwig, pag. 349.)

Nun bestehen in der Ausbildung der Furchen des Großhirnes sehr große Verschiedenheiten zwischen den einzelnen Abtheilungen der Säugethiere. Bei den niedrigst entwickelten Thieren der Säugerklasse, bei den Schnabelthieren, bei den Insektenfressern und vielen Nagethieren ist die Oberfläche des auch sonst weniger stark entwickelten Großhirnes ganz glatt. Diese Thiere besitzen ihr ganzes Leben hindurch ein Hirn, welches gleichsam auf einem frühen Embryonalstadium des menschlichen Hirnes stehen geblieben ist.

In den ersten fünf Monaten, da der menschliche Embryo sich im Mutterleib entwickelt, **fehlen** dem Großhirn jene charakteristischen Furchen, die am ausgewachsenen Hirn so auffällig zu Tage treten.

Erst zu Anfang des sechsten Monats beginnen sie aufzutreten, zuerst nur einige wenige, später immer mehrere (Figur 27 und 28) — bis im neunten Monat alle Hauptfurchen und Windungen ausgebildet erscheinen. (Vergl. Figur 29.) Später treten noch weitere, aber weniger tief gehende Furchen auf, die ziemlich stark variiren und sekundäre oder tertiäre Furchen genannt werden. Eine

Vergleichung der Großhirnfalten verschiedener Wirbelthiere führt zu dem Ergebniß:

1. Je weniger zahlreich die Falten der Großhirnrinde, desto beschränkter die intellektuelle Potenz des betreffenden Thieres.

2. Je zahlreicher und je tiefer die Furchen und Falten der Großhirnrinde, desto stärker die intellektuelle Begabung des betreffenden Thieres.

Weiterhin haben die ontogenetischen Forschungen ergeben:

Je **früher** im Embryonalleben eine Hirnfurche auftritt, um so **tiefer** wird sie, je **später**, um so **seichter** erscheint sie im ausgewachsenen Zustand.

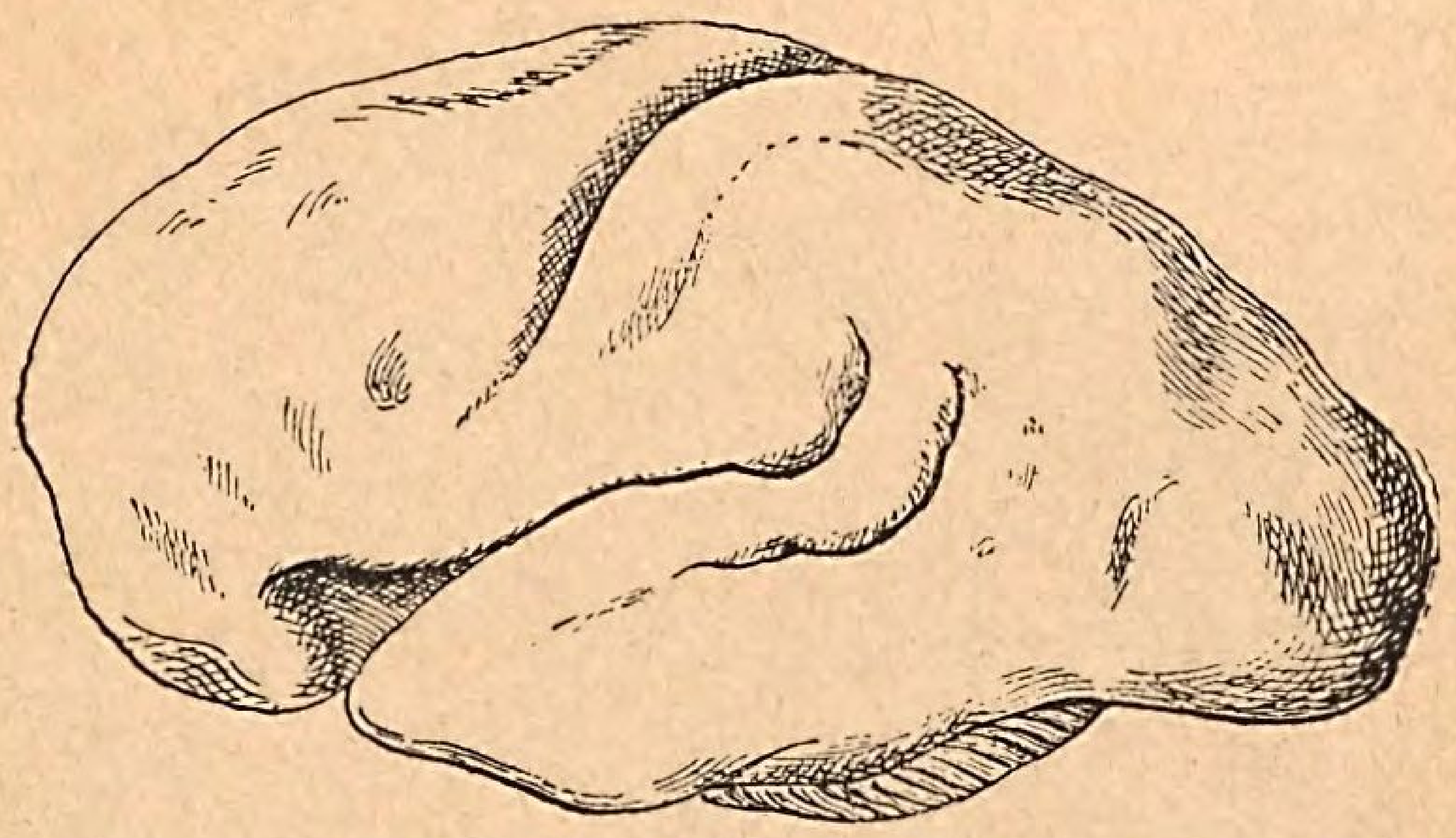


Fig. 28. Großhirn eines sechs- bis siebenmonatlichen Fötus (Mensch), von der Seite gesehen.
(Henles Atlas, Anatomie, pag. 362.)

Nun haben die Ausgüsse der Gehirnhöhlen von ausgegrabenen fossilen Säugethierschädeln gezeigt, „daß alle älteren Säugethiere sich durch ein verhältnißmäßig kleines Gehirn mit noch beinahe glatter Oberfläche, d. h. mit noch kaum angedeuteten Windungen auszeichneten und daß erst allmälig im Laufe der Zeiten das Säugethierhirn größeren Umfang und verwickelteren Bau erlangte.

„Insbesondere waren die sogenannten Großhirnhemisphären der älteren Säugethiere so klein, daß sie das Kleinhirn nicht überdeckten, während ihre Oberfläche so glatt gewesen sein muß, daß sie in diesem Punkte den entsprechenden Theilen eines Vogel- oder Reptilienhirnes ähnlich waren.“ (Romanes, Darwin und nach Darwin, Band I, pag. 222.)

Erst in den letzten Stadien des embryonalen Lebens schreitet die Entwicklung des menschlichen Gehirnes über die Entwicklungsstufe des typischen Säugethiergehirnes hinaus und wird aus einem leibhaftigen **Thier**hirn in der Weiterentwicklung ein **Menschen**hirn.

Aber mit der **Geburt** des Menschen ist die Entwicklung des Hirnes noch nicht abgeschlossen, obgleich es in dieser Zeit vielleicht von allen Organen des Neugeborenen das am weitesten gediehene ist.

Das **Gehirn** wächst und differenzirt sich noch weitere lange Jahre und entsprechend seiner Entwicklungsstufe manifestirt sich auch die **geistige** Potenz des jungen Erdenbürgers.

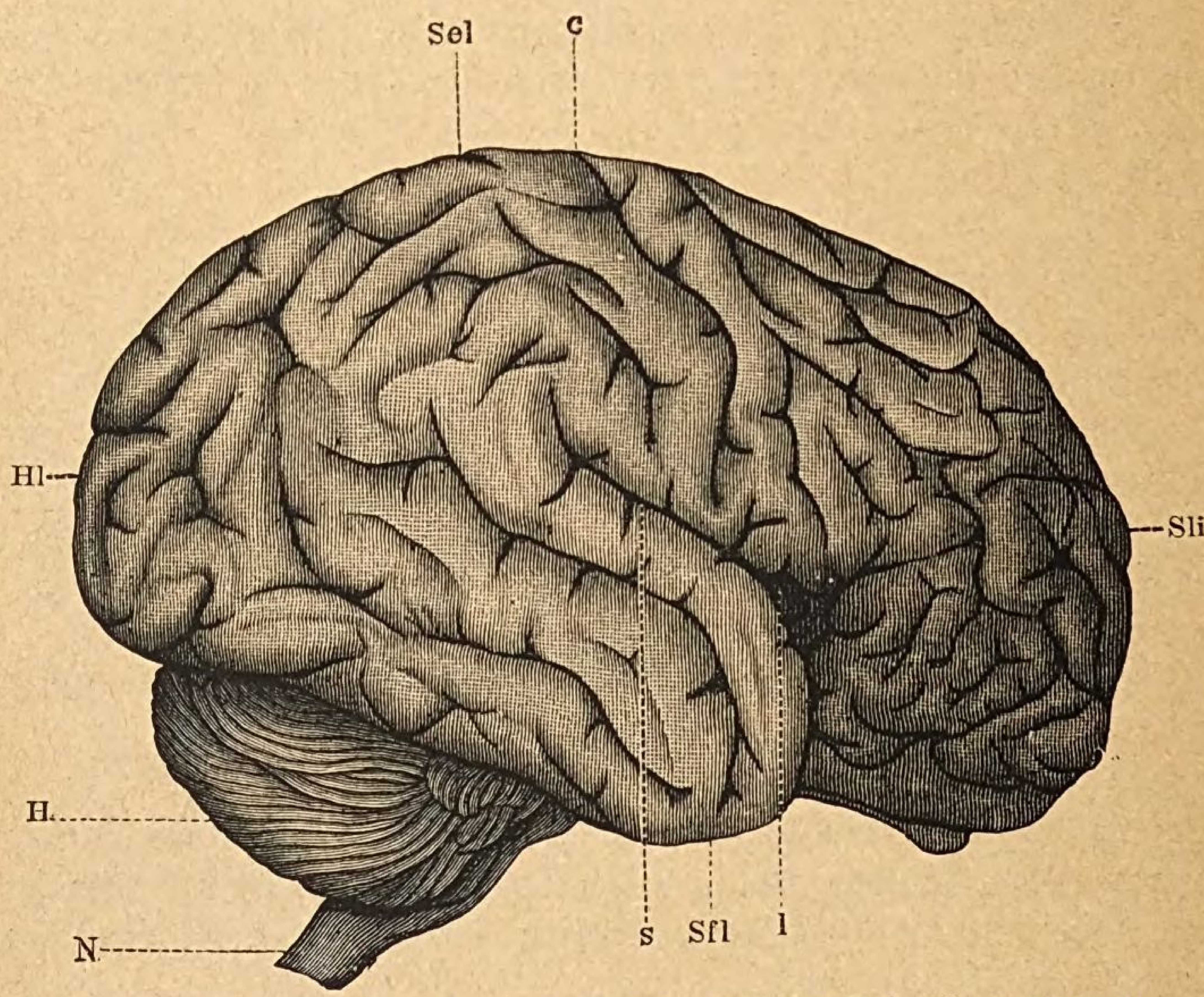


Fig. 29. Gehirn eines im ersten Lebensjahre stehenden Kindes, von der rechten Seite gesehen (verkleinert).

Die naturwissenschaftliche Betrachtung dessen, was wir **Menschenseele** nennen, geht bekanntlich dahin, daß dieses vielumworbene Streitobjekt des **Glaubens** einerseits und des **Wissens** anderseits nichts Anderes ist, als eine **Funktion des Zentralnervensystems.**

Das Substrat, der eigentliche Nährboden der „Seele", stammt aus dem Thierreich und es haften demselben auch noch durch Vererbung überkommene Gewohnheiten an, die im Neugebornen als sogenannte **Instinkte** sich offenbaren.

Der Instinkt ist das **vererbte** Gedächniß und es ist wahrscheinlich, daß bei der Entwicklung der Instinkte die natürliche Zuchtwahl als Hauptfaktor mitwirkte.

Das neugeborene Kind **saugt** wie ein kleines, neugebornes Säugethier. „Da hirnlose menschliche Mißgeburten und Hündchen ohne Großhirn saugen können, so ist von vornherein die Betheiligung des Intellektes, ist eine Willkür oder Absicht ausgeschlossen.“ (Preyer, Die Seele des Kindes, pag. 162.)

Aber der Instinkt des Saugens ist beim menschlichen Säugling schlechter entwickelt als beim Thier. Menschenkinder lernen erst nach mehreren Tagen ohne Nachhilfe die Milchquelle auffinden — „also später als Thiere.“ (Ebenda, pag. 163.)

Ebenso wie das Saugen ist auch das Beißen ein — etwas später sich einstellender Instinkt. „Ehe der Säugling den ersten Zahn hat, macht er schon häufige **Kau**bewegungen, welche namentlich nach dem Einführen einer harten Brotkruste vervielfältigt werden.“ (Ebenda, pag. 165.) Hanna D., die zur Zeit, da ich diesen Vortrag halte, genau 6½ Monate alt, hat noch keinen Zahn, macht aber an Brotrindenstücken lustige Kauübungen. (A. D. 12. Januar 1896.)

Noch später tritt — nachdem die ersten Zähne erschienen sind — das Knirschen als weiterer Instinkt auf, der sich wahrscheinlich bei allen zahnenden Säuglingen für einige Zeit einstellt.

Ebenso ist das Lecken eine instinktive Bewegung. Es wird beobachtet, daß Säuglinge innerhalb der ersten 24 Stunden den dargereichten Zucker lecken. Nach zwei bis drei Tagen lecken sie nach Milch ebenso geschickt als im siebenten Monat. (Ebenda, pag. 165.)

„In dieser Zeit werden nicht allein begehrte feste und ergriffene Objekte mit der Zunge bestrichen, sondern auch die Lippen der Mutter beim Küssen.“

Die zur Zeit 6½ Monate alte Hanna D. hat seit ihrer Geburt die amüsante Gewohnheit (Instinkt), jedesmal den Mund zu öffnen und die Zunge herauszustrecken, um zu lecken, so oft man ihre Wangen oder ihr Kinn streichelt. Fährt man ihr mit breit gespreizten Fingern über das ganze Antlitz, so wird sie recht vergnügt, reißt bei jeder Bestreichung der Façade den Mund weit auf und schiebt die Zunge gleich unter die Oeffnung. (A. D. 12. Januar 1896.)

Mit **instinktiven** Bewegungen und Bethätigungen beginnt der menschliche Säugling seine Lebensarbeit — ganz wie ein Thier. Er nährt sich wie ein Thier, stoffwechselt gegen allen Anstand wie ein Thier, athmet wie ein Thier und lernt ganz wie ein Thier erst nach und nach seine Sinne üben und gebrauchen.

Nervenerregungen durch äußere Agentien (Reize), Empfindungen, Wahrnehmungen und Vorstellungen vollziehen sich auf dem Boden des Zentralnervensystems beim Kind wie beim Thier.

Erst durch die Erfahrung im Gebrauch der Sinnesorgane kommt im Kinde nach und nach das zu Stande, was man **Seele** nennt.

Und ihren Ursprung aus dem thierischen Substrat kann die Menschenseele nicht verleugnen. **Qualitativ** ist sie aus der Thierheit herübergekommenes, aber **quantitativ vermehrtes** Erbtheil.

Diese quantitative Vermehrung der psychischen Kapazität, d. h. der seelischen Leistungsfähigkeit ist bedingt und wird ursächlich, materiell und potentiell, begründet durch die **weitere** Entwicklung des **Großhirnes**.

Der Mensch ist ein **großhirniges** Thier und so ist denn zu verstehen, warum auch sein Gehirn in kurzen Zügen ontogenetisch die Geschichte des Hirns seiner Vorfahren wiederholt.

Das biogenetische Grundgesetz, wonach jeder höhere Organismus während seiner ontogenetischen Entwicklung in kurzen Zügen die Stammesgeschichte auch seiner Vorfahren wiederholt, findet seine Bestätigung auch in der menschlichen Kulturgeschichte.

Alle Kulturvölker der Erde haben aus der Thierheit durch die Barbarei hindurch ihren Aufstieg zur heutigen Kultur genommen.

Jedes Volk hat seine Embryonalgeschichte, hat sein Säuglingsalter, hat seine Kindheit und hat seine Periode des Heranreifens zum jetzigen Kulturzustand durchlaufen müssen. Als werdende Menschen standen sich Stämme und Menschenstämme wie Bestien einander gegenüber; man hat ganz allgemein die Feinde nicht nur regelrecht verstümmelt und getödtet, sondern der menschliche Sieger hat auch ganz regelrecht den besiegten Nebenmenschen ausgeschlachtet und gefressen. Das vollzog sich wie eine bestialische Naturnothwendigkeit ganz allgemein. Dieses Entwicklungsstadium im phylogenetischen Fortschritt zur Menschwerdung ist noch nicht von allen jetzt lebenden Völkern überschritten worden und ein

großes, ein mächtiges Rudiment von Barbarei und Bestialität hat sich selbst bei den höchst zivilisirten Menschen bis auf den heutigen Tag zähe erhalten.

Die Weiterentwicklung schreitet langsam vorwärts; aber wenn wir die Idee der natürlichen Entwicklung — die keine Sprünge macht — kennen, so finden wir uns auch weise genug, die Geduld zu finden zu emsiger Arbeit im Sinne der Vorwärtsbewegung.

Das Fortschreiten in der Entwicklung steht unter dem Korrektiv der natürlichen Zuchtwahl. Ohne Zweifel war es auch die natürliche Zuchtwahl, die es zu Stande gebracht, daß die Wiederholung der Stammesgeschichte in der individuellen (ontogenetischen) Entwicklung sehr abgekürzt worden, in vielen Fällen sogar sehr lückenhaft und manchenorts sogar abgeändert worden ist. Das Leben des einzelnen Thieres oder der einzelnen Pflanze ist zu kurz und es sind die heutigen Daseinsbedingungen zum größten Theil gegen ehemals so sehr verändert, daß eine vollständige, eine lückenlose Wiederholung der Vorfahrengeschichte für das einzelne Individuum (Pflanze, Thier oder Mensch) eine nahezu unmögliche, in allen Fällen durchaus nutzlose Kraftvergeudung wäre, die im Kampf ums Dasein zum Untergang führen müßte. Das abgekürzte Verfahren in der Wiederholung der Stammesgeschichte erwies sich nicht nur als nützlich, sondern auch als nothwendig. Die natürliche Zuchtwahl und die stetsfort nothwendige Anpassung an die jeweilig veränderten, neuen Daseinsverhältnisse sind die Faktoren, welche zu einer summarischen Abkürzung in der Wiederholung der Stammesgeschichte geführt haben.

Dies gilt namentlich auch auf dem Gebiete der **Pflanzenwelt.**

Ein paar wenige Beispiele mögen genügen.

Das junge **Moospflänzchen** erscheint in seinem ersten Lebensabschnitt als ein niedrig organisirtes Wesen, daß so sehr an fadenförmige Grünalgen erinnert, daß der Moosvorkeim häufig von Studenten wirklich verwechselt wird mit verzweigten Zellreihen aus der Gruppe niedriger Grünalgen.

Monatelang, jahrelang können verschiedene Laubmoospflanzen ein algenähnliches Dasein führen: sie verharren lange Zeit auf der Organisationsstufe ihrer algenähnlichen Vorfahren.

Die Farnkräuter haben ohne Zweifel ihren Ursprung aus lebermoosartigen Vorfahren genommen.

In der ersten Phase ihres ontogenetischen Entwicklungsganges haben die Farne ganz die Gestalt und Lebensweise von typischen Lebermoospflanzen.

Ihr Prothallium gleicht so sehr gewissen Lebermoosen, daß es leicht mit diesen verwechselt wird.

Aehnlich verhält es sich mit gewissen Entwicklungsphasen der nacktsamigen Blüthenpflanzen, wo dieselben ganz ähnliche Ausstattungen und Organe aufweisen, wie die höheren Kryptogamen, von denen sie abstammen.

Bekanntlich spricht man in der Pflanzenkunde von zwei Kategorien der lebenden Gewächse, die dementsprechend in zwei Reiche getheilt werden:

a. Das Reich der Blüthenlosen oder der Verborgenblüthigen — **Kryptogamen**, auch **Sporenpflanzen** oder Sporophyten genannt.

b. Das Reich der Blüthenpflanzen, Phanerogamen, auch **Samenpflanzen** oder **Spermaphyten** genannt.

Die Sporenpflanzen oder sog. Blüthenlosen bilden Keimzellen zur Vermehrung oder Fortpflanzung, welche so klein und unscheinbar sind, daß man sie mit unbewaffnetem Auge nicht einzeln wahrnehmen kann. Jeder dieser Keimkörper, jede dieser **Sporen** besteht in den meisten Fällen nur aus einer einzigen Zelle.

In einer einzigen Moosfrucht sind einige hunderttausend Sporen vorhanden, die ein schwefelgelbes oder grünliches Pulver darstellen.

Ein einziges grünes Blatt des männlichen Schildfarn bildet auf seiner Unterseite ca. 14 Millionen schwarzbrauner Sporen.

Das sog. Bärlappmehl — bekanntlich in allen Apotheken zu haben — stammt von einer Sporenpflanze höchster Ordnung, und es besteht nur aus mikroskopisch kleinen Sporen des gemeinen Bärlaps, von denen Hunderttausende nur eine Messerspitze voll gelben Mehles darstellen.

Die Blüthenpflanzen dagegen bilden Samen, d. h. eigenartige, mehr oder weniger große Körper, die aus Hunderten oder Tausenden von Zellen aufgebaut sind und beträchtliches Gewicht erreichen können; Beispiele: Kürbiskerne, Mohnkörner, Apfel- und Birnenkerne, Erbsen, Bohnen, Wicken, Traubenkerne u. s. w.

In der Regel findet sich im Innern des reifen Samens ein kleines, aus zahlreichen Zellen bestehendes Pflänzchen, der sog. Keim-

ling oder Embryo, an welchem man meistens schon im reifen Samen ein Stämmchen, eine Wurzel oder etliche Wurzeln und Blätter unterscheiden kann.

Der Same der Blüthenpflanzen entsteht aus einer sog. Samenknospe, welche zur Zeit der Blüthe jeweilen ein unbefruchtetes Ei oder etliche Eier einschließt. Erst wenn die Blüthe mit Blumenstaub oder Pollen bestäubt und wenn dann die Eizelle in der Samenknospe befruchtet ist — erst dann kann aus dieser Eizelle ein wirklicher, keimfähiger Embryo hervorgehen und kann die Samenknospe zum reifen Samen weiterentwickelt werden.

Früher glaubte man, daß zwischen Sporenpflanzenreich und Samenpflanzenreich ein unüberschreitbarer Abgrund klaffe. Die neuere Wissenschaft hat gezeigt, daß ein solcher Abgrund nicht existirt, sondern daß ein relativ kleiner Schritt vom einen Reich zum anderen führt. Es hat sich herausgestellt, daß bei den Blüthenpflanzen die ganze komplizirte Entwicklungsreihe der Ontogenese ganz ähnlich wie bei den höheren Sporenpflanzen, wie bei den Farnen, Schachtelhalmen und Bärlappgewächsen in zwei Hauptabschnitte zerfällt:

a. in die Entwicklung einer ungeschlechtlichen Generation, die nur Sporen und zwar große oder Makrosporen und kleine oder Mikrosporen erzeugt;

b. in die Entwicklung einer geschlechtlichen Generation, welche männliche und weibliche Organe erzeugt und mit dem Befruchtungsakt abschließt.

Vom Standpunkt der vergleichenden Entwicklungsgeschichte aus betrachtet, ist die in Blüthenknospen stehende Lilienpflanze, die beblätterte Eiche, die schlanke Tanne jeweilen eine leibhaftige Sporenpflanze, wo die unreifen Blüthenstaubkörner nichts Anderes darstellen als kleine oder sog. Mikrosporen, indeß der junge Embryosack — eine große Zelle im Innern der Samenknospe — nichts Anderes repräsentirt, als eine große Spore oder sogenannte Makrospore.

Die mit Stamm, Blättern und Wurzeln ausgestattete Blüthenpflanze erweist sich vor dem Auge des Naturforschers als ungeschlechtliche Generation.

Die **wirklich-geschlechtliche** Generation macht bei den Blüthenpflanzen ihre ganze Entwicklung meist in wenigen Tagen durch und sie entzieht sich dem Auge des uneingeweihten Beobachters

völlig, weil diese geschlechtliche Generation zu mikroskopisch kleinen Wesen reduzirt worden ist.

Das **reife Blüthenstaubkorn** stellt ein mikroskopisch kleines, **männliches Pflänzchen** dar, das seine Weiterentwicklung erst

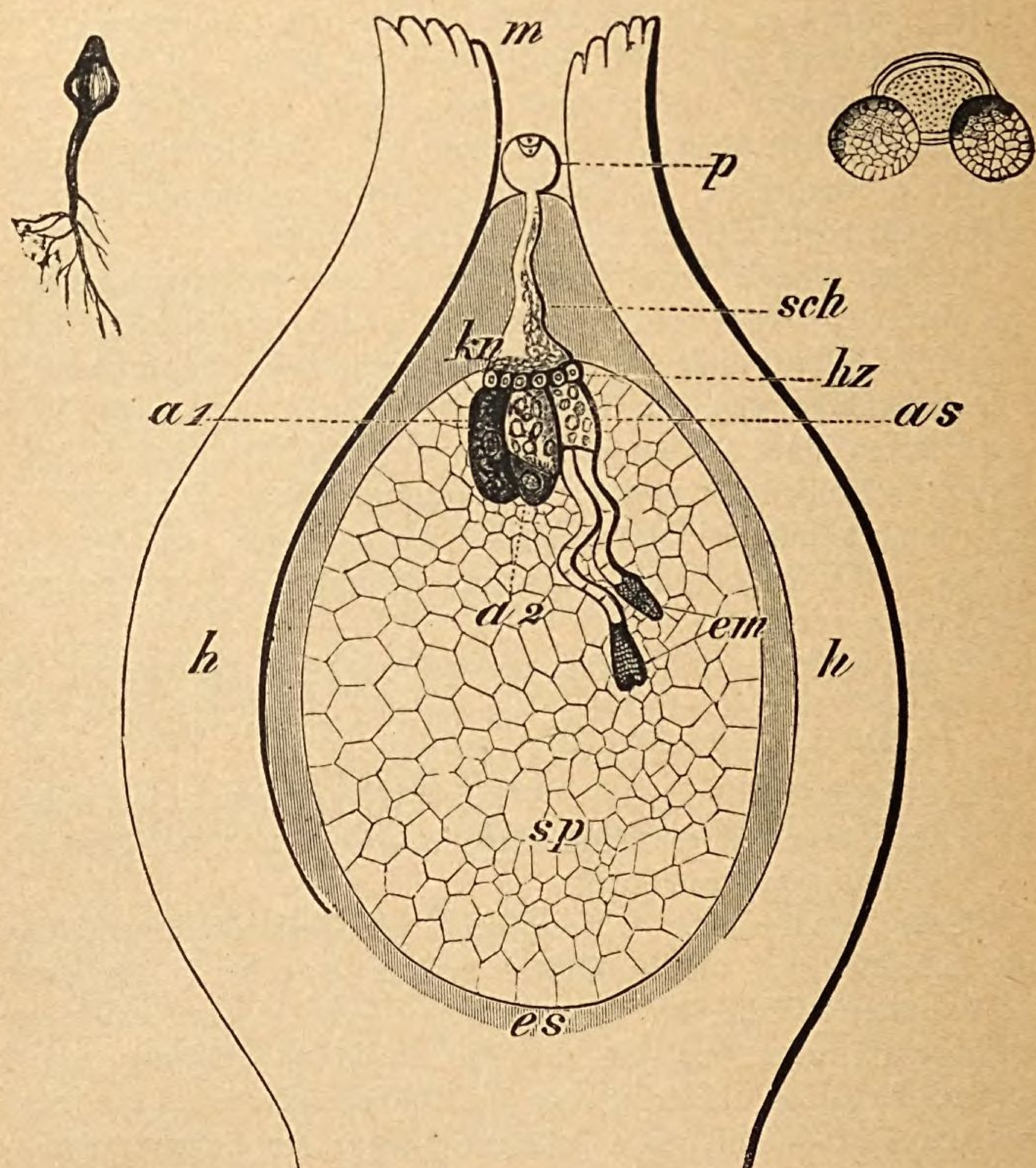


Fig. 30. **Eine Samenknospe aus der weiblichen Blüthe einer nacktsamigen Pflanze** (schematisirt).

h h Hülle der Samenknospe. kn das Knospenkerngewebe. sp sogenannter **Eiweißkörper**, ein bienenwabenartiges Gewebe darstellend, das den ganzen Embryosack erfüllt und als weibliches Prothallium zu betrachten ist. a^1 und a^2 zwei unbefruchtet gebliebene Archegonien. as ein befruchtetes Archegonium, das zur Bildung der Embryonen em angeregt worden ist. p das Pollenkorn, abwärts gegen die Archegonien hin in einen Schlauch ausgewachsen, welcher an die Archegonien (weiblichen Organe) die **befruchtenden** männlichen Zellkerne abzugeben hatte.

dann vollendet, wenn es auf das weibliche Empfängnißorgan gelangt und dann einen Pollenschlauch bildet, der meist nur zwei männliche Zellkerne, die sogenannten Spermakerne oder generativen Kerne einschließt.

Der Embryosack in der Samenknospe dagegen stellt zur Zeit der Befruchtung eine Makrospore dar, die in ihrem Innern ein weibliches Pflänzchen (Prothallium) mit weiblichen Organen (Archegonien, Eizellen) einschließt.

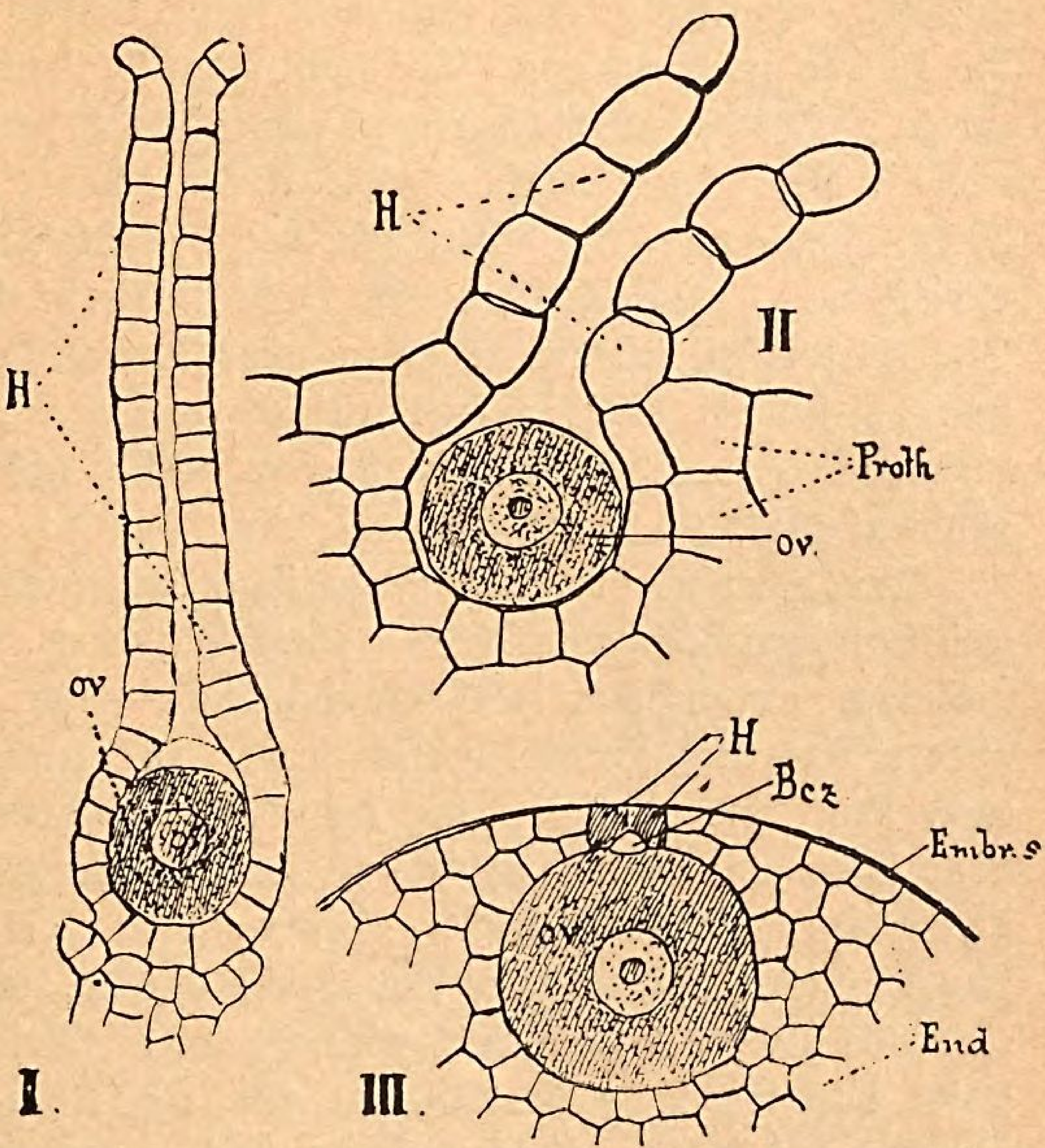


Fig. 31. I. Reifes Archegonium von einem Moos. II. Reifes Archegonium von einem Farnkraut. III. Reifes Archegonium von einem Nadelholz.

Die kurze Wiederholung der Stammesgeschichte ist am schönsten in der Entwicklungsgeschichte der Nacktsamer, zum Beispiel bei den Nadelhölzern zu erkennen. Dort bildet sich im Kern der Samenknospe eine Zelle auf Kosten der benachbarten Zellen zu einem großen Embryosack aus. In dieser Riesenzelle, welche schon mit unbewaffnetem Auge wahrnehmbar ist und welche nichts Anderes darstellt als eine einzige, riesige Makrospore, entsteht durch Kern- und Zelltheilungen ein vielzelliger Körper, der ein kleines weibliches Pflänzchen darstellt, und weibliche Fortpflanzungsorgane von ähnlicher Art bildet, wie die weiblichen Pflänzchen der Geschlechtsgeneration von Farnen oder Bärlappgewächsen. Aber an diesen weiblichen Pflänzchen sind alle Theile relativ klein und die Ausstattung erscheint reduzirt. Die eigentlichen weib-

lichen Organe — die Archegonien —, welche bei den Moosen aus mehreren hundert Zellen bestehen können, sind bei den nacktsamigen Blüthenpflanzen blos aus einigen wenigen Zellen aufgebaut. Der **wesentlichste** Theil eines Archegoniums ist immer die Eizelle.

Von den Farnkräutern an aufwärts bis zu den höchst entwickelten Sporenpflanzen und noch einen kleinen Schritt weiter — bis zu den nacktsamigen Blüthenpflanzen (Nadelhölzern) nimmt die Größe und Ausstattung der geschlechtlichen Generation immer mehr ab: die weiblichen Organe — die Archegonien — verkürzen immer mehr ihre ganze Entwicklungsreihe; die Rekapitulation der Stammesgeschichte bleibt wohl noch in den wesentlichsten Charakterzügen bestehen, aber sie wird ganz bedeutend abgekürzt und reduzirt, bis sie schließlich bei den bedecktsamigen, buntblühenden Pflanzen **kaum mehr als Rekapitulation erkannt wird.**

Der blutsverwandtschaftliche (genetische) Zusammenhang zwischen den höchstentwickelten Sporenpflanzen einerseits und den niedrigst organisirten Blüthenpflanzen — den Nacktsamern andererseits liegt ziemlich **klar** in der ontogenetischen Entwicklung der Samenanlagen bei den **Nadelhölzern** vor uns; denn hier sehen wir ja im Embryosack noch ein wahrhaftiges weibliches Pflänzchen mit leibhaftigen Archegonien eingeschlossen. Das Archegonium erscheint als sehr große Eizelle, über welcher jedoch ein reduzirter Halstheil niemals fehlt. Bei den Nadelhölzern bleibt das weibliche Prothallium auch nach der Befruchtung noch erhalten: es füllen sich seine Zellen mit großen Mengen von Nährstoffen (Eiweißsubstanzen, Oel u. dergl.), die später — nach der Befruchtung der Eizelle — dem heranwachsenden Embryo als Nahrung dienen. Im reifen Nadelholzsamen ist daher der Embryo rings von diesen Nahrungsvorräthen umgeben: diese letzteren nennt man in ihrer Gesammtheit Eiweißkörper oder Endosperm und es ist wohl zu beachten, daß die Zellen dieses Eiweißkörpers schon vor der Befruchtung der Eizelle da sind und eben in ihrer Gesammtheit das weibliche Prothallium darstellen.

Anders verhält sich die Sache bei den Bedecktsamigen, den Fruchtknotenpflanzen. Wohl ist die Samenknospe hier im Wesentlichen ähnlich gebaut, wie bei den Nacktsamern, aber es bildet sich im Embryosack vor der Befruchtung weder ein kompakter Ge-

webekörper als weibliches Prothallium, noch bilden sich eigentliche Archegonien; statt des Prothalliums finden wir bei den Bedecktsamern im Embryosack nur einige wenige, räumlich getrennte Zellen als sehr verkümmerte Reste des archegonienbildenden weiblichen Pflänzchens, wie es bei den Vorfahren der Bedecktsamer vorhanden gewesen sein muß. Diese verkümmerten Reste des weiblichen Prothalliums bestehen meist nur aus 3 Antipodenzellen, die am Grunde des Embryosackes liegen, und aus einem freien Zellkern (pr N), der im Protoplasma des Embryosackes oft an Fäden aufgehängt erscheint. Statt der Archegonien finden wir am Scheitel des Embryosackes den aus 3 einfachen Zellen bestehenden Eiapparat. Die eine dieser 3 Zellen ist die wirklich befruchtungsfähige Eizelle; die anderen 2 Zellen wurden Gehilfinnen (Synergiden) genannt und verschiedenartig gedeutet.

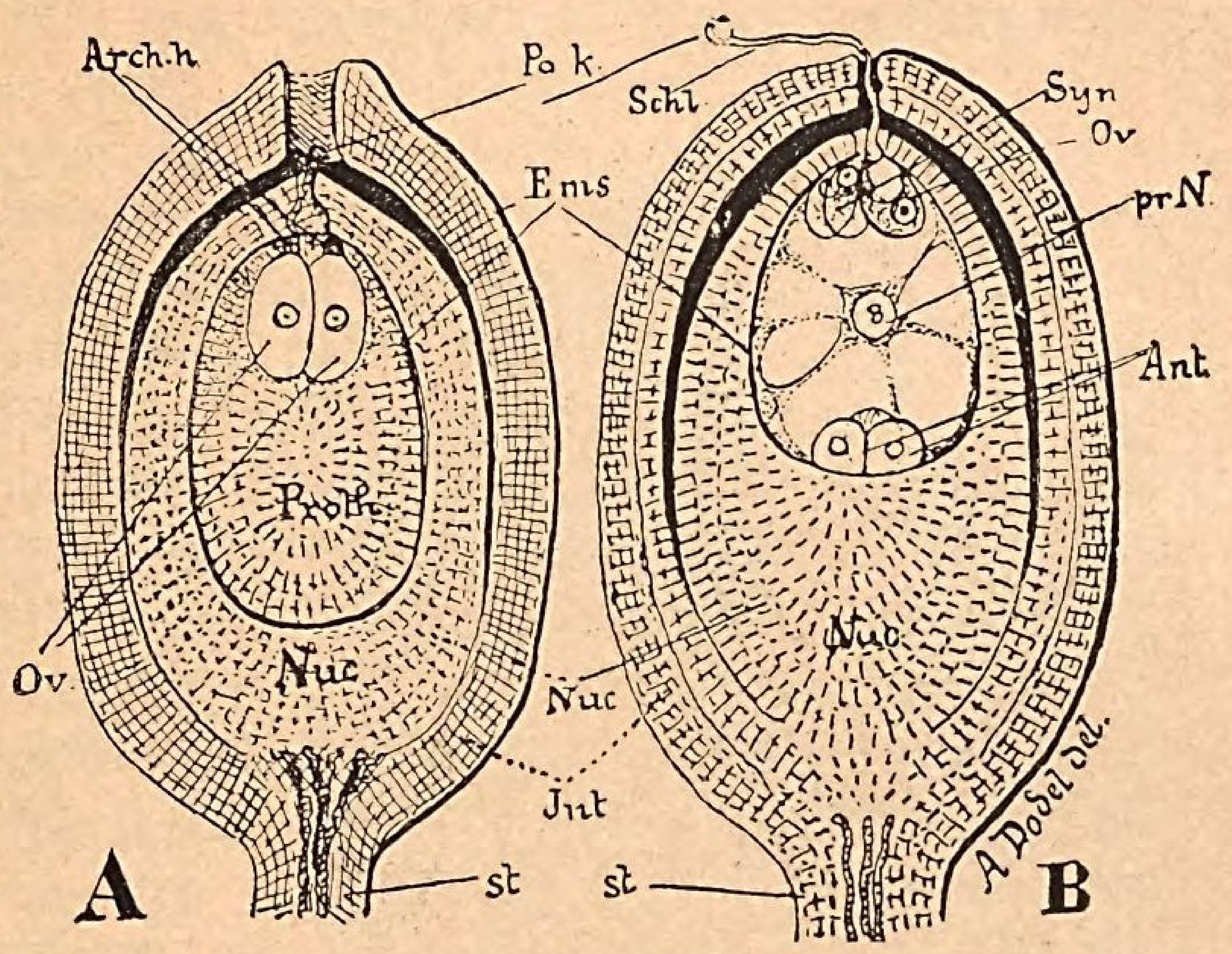


Fig. 32. Vergleichende Gegenüberstellung der Samenknospen von Nacktsamern und Bedecktsamigen.
A. Die Samenknospe der Nacktsamer zur Zeit der Befruchtung.
B. Die Samenknospe der Bedecktsamigen zur Zeit der Befruchtung.
In beiden Fällen bedeutet: st Stiel der Samenknospe; Nuc Nucellus oder Kern der Samenknospe; Int Integument oder Hülle der Samenknospe; Ems Embryosack (Makrospor); Po.k Pollenkörner; Schl Pollenschläuche. Im Embryosack der Samenknospe A findet sich ein kompakter Gewebekörper Proth. als weibliches Prothallium mit leibhaftigen Archegonien, die aus je einem verkümmerten Halstheil (Arch.h) und aus einer Eizelle Ov bestehen. Dagegen findet sich in der Samenknospe B nur noch ein Rudiment des weiblichen Prothalliums in Gestalt von drei Antipoden (Ant.) und drei reduzirte Archegonien in Gestalt von drei Zellen des sogenannten Eiapparates, von denen die eine Zelle das empfängnißfähige Ei (Ov rechts oben), die zwei anderen Zellen als verkümmernde Eier die Gehilfinnen oder Synergiden (Syn rechts oben) darstellen. Als Erzeuger des hier erst nach der Befruchtung entstehenden Eiweißkörpers erscheint bei den Bedecktsamigen der sogenannte primäre Endospermkern (pr N in der Fig. 32 rechts).

Wir haben aber den aus 3 Zellen bestehenden Eiapparat als drei auf ein Minimum reduzirte Archegonien aufzufassen. Diesen

Archegonien fehlt der Halstheil, wie er bei den Archegonien der Nadelhölzer noch vorkommt; sie bestehen eben nur noch aus dem allerwichtigsten Theil des typischen Archegoniums: aus der Eizelle.

Die *Abkürzung* der Stammesgeschichte ist hier bei der denkbar größten Reduktion angelangt. Von den drei Zellen des Eiapparates, die also drei Archegonien entsprechen, entwickelt sich bei den Bedecktsamern in der Regel auch *blos eine* zur wirklich befruchtungsfähigen Eizelle; die beiden anderen sind in der Regel gar nicht befruchtungsfähig und wurden von Strasburger, der ihnen eine bei der Befruchtung helfende Rolle zutheilt, „Gehilfinnen" oder Synergiden genannt.

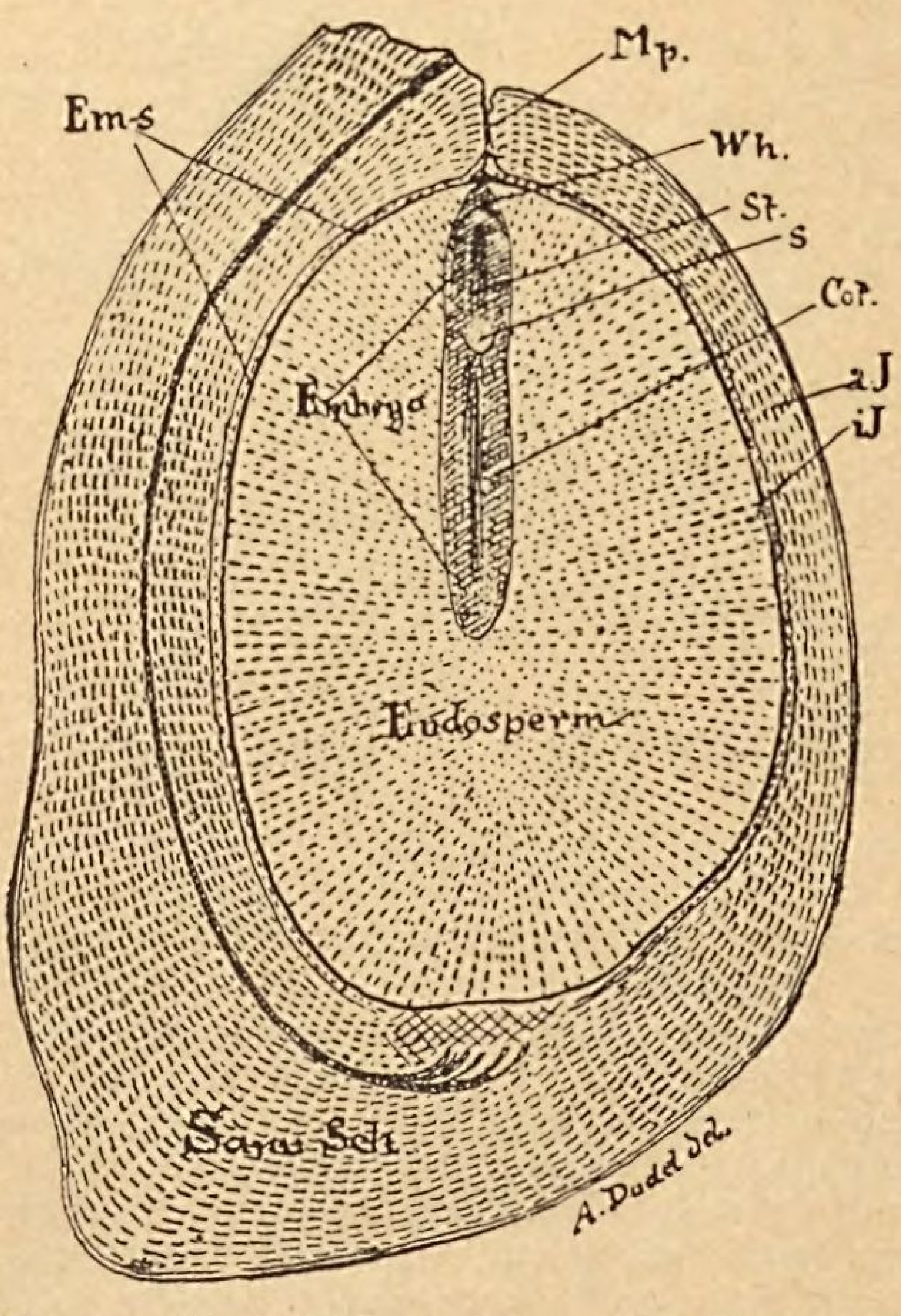


Fig. 33. Längsschnitt durch den reifen Samen der blauen Wiesen-Schwertlilie (Iris sibirica). Innerhalb der Samenschale findet sich der hornharte Eiweißkörper (Endosperm), welcher den zylindrischen Keimling (Embryo) rings umgiebt.

(Nach dem „Biologischen Atlas für Hoch- und Mittelschulen" von A. Dodel).

Ich habe aber in meinen Untersuchungen an der blauen Sumpfwiesen-Schwertlilie (*Iris sibirica*) gezeigt, daß nicht selten *auch* die *zwei Gehilfinnen befruchtet* werden und sich zu Embryonen entwickeln können, wodurch ihre Ei-Natur erwiesen ist.

Erst in *Folge* der Befruchtung der Eizellen — *nicht* **vorher**, wie bei den Nacktsamern — entsteht durch wiederholte Kern- und Zelltheilungen aus dem im Embryosack freiliegenden Zellkern ein vielzelliger Gewebekörper, der Eiweißkörper (Endospermkörper), der sich bis zur Samenreife mit Eiweißstoffen und Oel anfüllt, um später das erste Nährmaterial für den keimenden Embryo abzugeben.

Wir sehen hier also in der ontogenetischen Entwicklung des Samens der Fruchtknotenpflanzen nicht nur eine fast bis zur Unkenntlichkeit gediehene Abkürzung der Stammesgeschichte, sondern auch sogar eine bedeutende Verschiebung in der Reihenfolge der hauptsächlichsten Etapen, eine Art **Fälschung** oder Cenogenie, wie sie Haeckel auch im Thierreich konstatirt hat.

Die **Abkürzungen** sind: Im Embryosack der Nadelhölzer finden wir noch ein deutliches weibliches Prothallium (Endosperm) mit etlichen leibhaftigen Archegonien, bestehend aus Eizelle und Archegoniumhals. — Im Embryosack der Bedecktsamer finden wir nur noch etliche, räumlich getrennte Zellen als kaum erkennbare Reste des weiblichen Prothalliums und statt der leibhaftigen Archegonien nur noch 3 Eizellen, von denen zwei verkümmern und nur ausnahmsweise befruchtet werden, indeß die dritte Zelle in der Regel allein als Ei funktionirt.

Die Verschiebungen oder **Fälschungen** der Stammesgeschichte bestehen hier darin, daß das Endosperm (weibliches Prothallium) bei den Nadelhölzern vor der Befruchtung der Archegonien entsteht, indeß bei den Bedecktsamern aus einem Rudiment, als dessen einer Theil der primäre Endospermkern (pr N in Fig. 32 B) zu betrachten ist, erst nach der Befruchtung sich ein Eiweißkörper (Endosperm) entwickelt.

Trotz der oft weitgediehenen Abkürzung und Fälschung der Stammesgeschichte in der individuellen Entwicklung höherer Lebewesen ist es doch den vereinten Bemühungen der Forscher auf den Gebieten der **Embryologie**, der **vergleichenden** Anatomie, der **Morphologie** und auch insbesondere der **Paläontologie** gelungen, für jede Klasse höherer Pflanzen und Thiere die Hauptetapen der zugehörigen **Stammesgeschichte** zu ermitteln.

Dabei hat sich ergeben, daß Thiere und Pflanzen **einerlei Ursprung** haben:

Lange Zeit lebten auf unserem Planeten nur primitive, niedrigste Lebewesen, die blos aus einer einzigen Zelle bestanden und ebensowohl Thier als Pflanze oder ebensowenig Thier als Pflanze waren: die Urwesen, Vorwesen oder **Protisten.** (Viele dieser Protistenformen haben sich — dank ihren geringen Anforderungen an die Außenwelt — bis in die Jetztzeit erhalten und werden zum Theil der Pflanzenwelt, zum Theil der Thierwelt zugezählt.)

Aus einer jener vorweltlichen Protistengruppen gingen in der Weiterentwicklung der Formen einerseits die mehrzelligen Pflanzen, anderseits die mehrzelligen Thiere hervor. Alle Vergleichsmomente sprechen dafür, daß sämmtliche auf geschlechtlichem Wege sich fortpflanzenden Thiere und Pflanzen

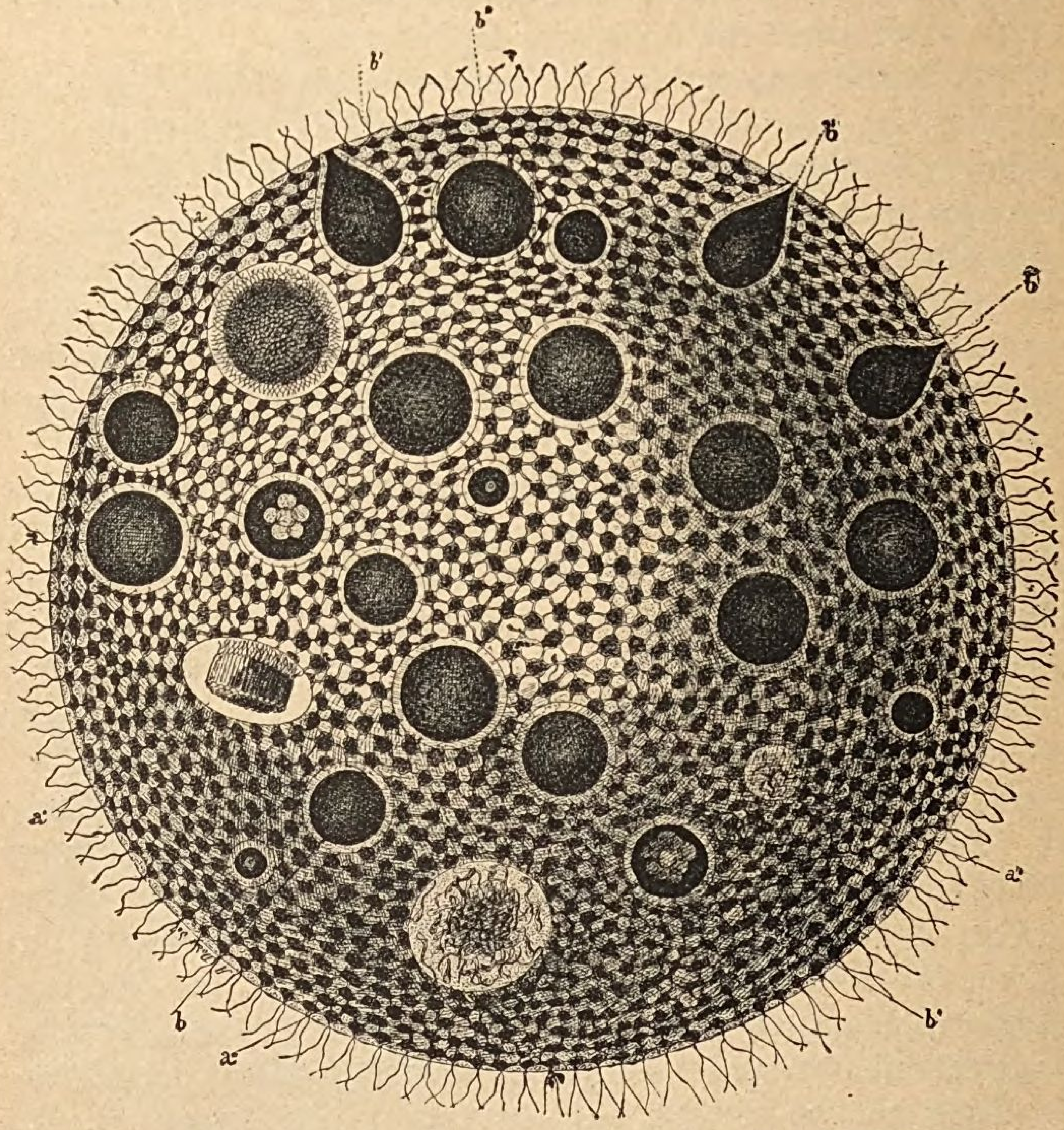


Fig. 34. Volvox Globator in geschlechtlicher Fortpflanzung.

von Vorfahren abstammen, welche in die Gruppe der **Volvox**-Gewächse einzureihen wären.

Ich gebe in der obenstehenden Figur eine Abbildung von der Kugelpflanze — Volvox Globator —, welche von den Zoologen auch Kugelthier genannt, also dem Thierreich zugetheilt wird, indeß wir Botaniker mehr Ursache haben, dieses Kugelwesen zu den Pflanzen zu zählen.

Die Kugelpflanzen der Jetztzeit stellen in ihren bestausgestatteten Formen je einen kugeligen Zellenhaufen dar, welcher aus einer einzigen Zelle durch wiederholte Zelltheilung in ganz ähnlicher Art entsteht, wie der kugelige Zellenhaufen des maulbeerartigen Keimwesens (Morula) bei den wiederholten Furchungstheilungen befruchteter Eier der höheren Thiere.

Bei Volvox Globator (Figur 34) sind einige Tausend Zellen in die Kugeloberfläche angeordnet. Jede Zelle besitzt einen grünen Plasmakörper, der dieselbe chemische Arbeit leistet wie die grünen Chlorophyllkörner in den Laubblättern der höheren Pflanzen. Ferner ist jede Zelle mit einem farblosen Zellkern versehen; sogar ein rother Augenfleck ist vorhanden, mit welchem die Zelle das Licht empfindet. Endlich hat jede dieser vielen grünen Zellen ein paar feiner Plasmafädchen (Cilien), die sich fortwährend lebhaft-geißelförmig bewegen und dadurch die ganze Kugel in einer rollenden Bewegung erhalten. Der Innenraum der Kugel ist mit Wasser erfüllt.

Diese seltsame Pflanze — im stillliegenden oder langsam fließenden Wasser lebend — kann sich auf zwei verschiedene Arten vermehren: einmal ungeschlechtlich, indem die eine oder andere der vielen Zellen auf Kosten benachbarter Zellen sich vergrößert und durch wiederholte Zelltheilungen zu einer jungen vielzelligen Pflanze entwickelt. Die andere Art der Fortpflanzung, welche alle Jahre einmal wiederkehrt, ist die geschlechtliche, wobei die Kugelpflanze männliche und weibliche Organe mit großen kugeligen Eizellen und mit sehr schlanken leichtbeweglichen Spermatozoiden bildet und Befruchtung stattfindet in ganz ähnlicher Weise wie bei den Moosen, bei den Farnkräutern und Schachtelhalmen unter den Pflanzen und ganz ähnlich wie die Befruchtung bei den höheren Thieren stattfindet.

Aus der befruchteten Eizelle, die man Eispore nennt, entsteht beim Keimen durch wiederholte Zelltheilungen ganz ähnlich wie bei der Furchung des befruchteten Thier-Eies ein Keimwesen, das der Reihe nach zunächst aus 2 Zellen, dann aus 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256 u. s. w. Zellen besteht, die sich wieder in eine Kugelfläche anordnen und in kurzer Zeit zu einer vollkommenen Pflanze heranwachsen, wie dies in untenstehender Figur 35 A bis G dargestellt ist.

Die Gründe, welche den Biologen veranlassen, als gemeinsame Vorfahren für höhere Pflanzen und Thiere die Gruppe

vorweltlicher **Volvocineen** zu setzen, sind in kurzer Zusammenfassung folgende:

1. Die geschlechtliche Fortpflanzung durch **Befruchtung** einer großen, mit viel Ernährungsplasma belasteten Eizelle vermittelst eines kleinen, leichtbeweglichen Spermatozoids tritt — wenn wir von den niedersten Organismen in der natürlichen Systemreihe zu den höheren Organismen aufsteigen — zum ersten Mal bei den Volvocineen auf.

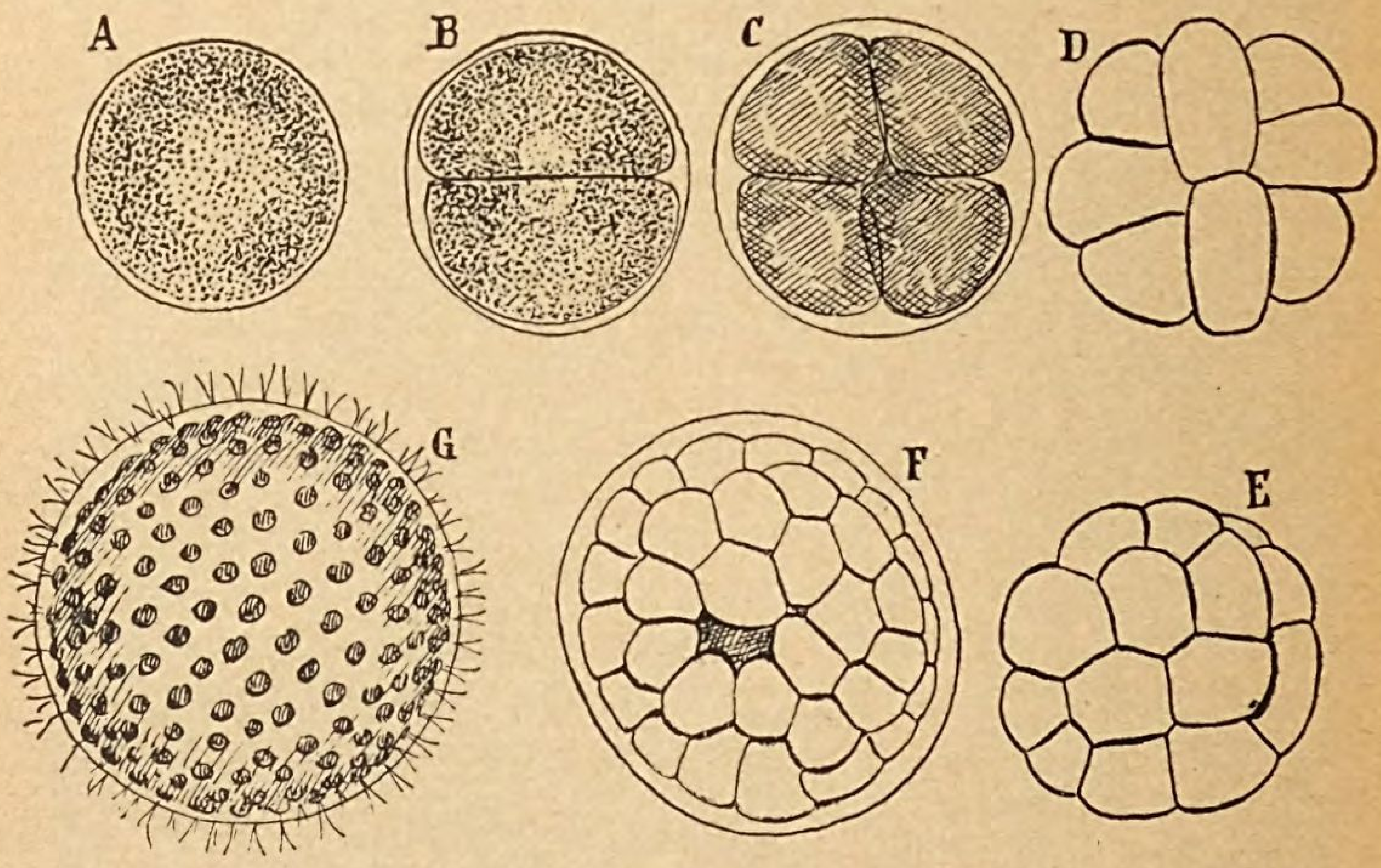


Fig. 35. Keimungsgeschichte (Furchung) der befruchteten Eizelle (Oospore) von Volvox minor. (Nach Oskar Kirchner.)

Ja, einige heute noch lebende Organismen dieser Gruppe zeigen uns sogar noch weiter zurückgehende Fortpflanzungserscheinungen, aus denen die geschlechtliche Befruchtung in phylogenetischer Entwicklung herausgebildet wurde: es ist die Fortpflanzung durch **Kopulation** zweier kleiner, schwärmsporenartiger Vermehrungszellen, die in Form, Ausstattung und physiologischem Verhalten einander so ähnlich sehen, daß wir nicht entscheiden können, welche von den beiden zusammentretenden Zellen die männliche und welche die weibliche Geschlechtszelle ist.

„Eizelle" und „Spermatozoid" sehen sich bei Pandorina Morum einander so gleich, wie ein Ei dem anderen.

Nicht nur das! es kommt noch hinzu, daß in diesem Falle die beiden primitiven Geschlechtszellen auch jenen **Schwärmsporen** gleichen, welche bei vielen grünen Algen als ungeschlechtliche Fortpflanzungszellen der Vermehrung dienen, indem sie ohne Weiteres, jede für sich — ohne Kopulation — in ein neues Pflänzchen auswachsen können.

Ich habe vor zwanzig Jahren in meiner Arbeit über die Kraushaaralge (Ulothrix) nachgewiesen, daß Pringsheim vollständig im Rechte war, wenn er die „Paarung von Schwärmsporen" die morphologische Grundform der Zeugung im Pflanzenreich genannt hat. In jener Arbeit ist der unangefochtene Nachweis erbracht worden, daß die niedrigst organisirten Geschlechtszellen im Pflanzenreich sogar ohne Paarung sich weiter zu entwickeln vermögen, gleich als ob sie ungeschlechtliche Schwärmer wären, wie wir sie heute noch bei Hunderten von Grünalgen antreffen. Aus ungeschlechtlichen Schwärmern sind die geschlechtlichen Eizellen und die Spermatozoiden abgeleitet worden.

2. Weil die Vorgänge der geschlechtlichen Befruchtung im Pflanzen- und Thierreich so auffallend **ähnlich** sind und in den wesentlichsten Punkten übereinstimmen: so **müssen** wir logischerweise eine **genetische** Beziehung zwischen Pflanzen- und Thierreich annehmen.

Keine andere Gruppe der geschlechtlichen Lebewesen niedriger Stufen vereinigt in sich gleichmäßig Pflanzen- und Thier-Charakter wie die Gruppe der Volvocineen (Kugelpflanzen, Kugelthiere).

Die heute noch lebenden Repräsentanten dieser Gruppe stehen ebensowohl an der unteren Grenze des **pflanzlichen** als auch des **thierischen** Geschlechtslebens.

3. Für den gemeinsamen Ursprung des Reiches der höheren Pflanzen und der höheren Thiere aus der Gruppe der Volvocineen spricht auch die Erscheinungsreihe der **Keimung**, welche identisch verläuft wie die Furchung bei den Thieren und wie die Keimungsgeschichte der Geschlechtsprodukte vieler niedrig organisirter Pflanzen. (Vergl. Fig. 35, pag. 170 mit Fig. 20, pag. 137.)

4. Als weitere Gründe könnten angeführt werden: die nahen verwandtschaftlichen Beziehungen der Volvocineen zu den tieferstehenden Organismen beider Reiche, dann die Lebensweise der Volvocineen, die alle auf das Wasser als ihr Medium angewiesen sind.

Aus dem Meere, aus dem Wasser stieg das Leben.

Aus dem Meere — so lehrten schon die alten Griechen und Römer — aus dem Meere stieg **Venus**.

Häckel setzte als **unterstes** Stammstück des **Stammbaumes** beider Reiche die **Protisten**, das sind die einzelligen Pflanzen und

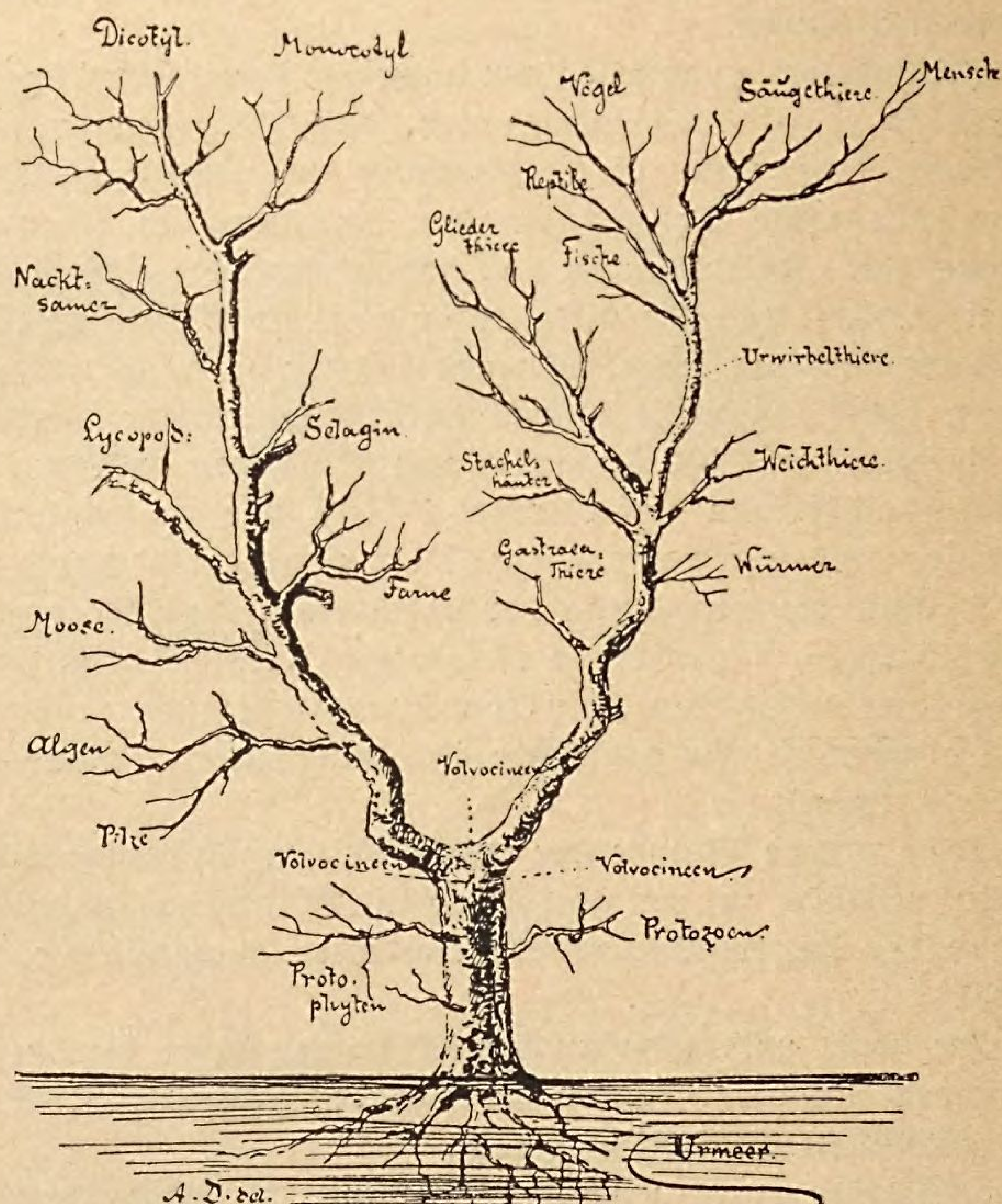


Fig. 36. Schematischer Stammbaum der beiden Organismenreiche: Pflanzenwelt und Thierwelt (mit Einschluß des Menschen).

Thiere, die sich in zahlreichen Formen als Protophyten und als Protozoen bis heute in der Lebewelt erhalten haben und als niedrig stehende Aeste am Hauptstamm des Lebens verschiedenartige divergente Organismengruppen darstellen.

In einer vorweltlichen Gruppe von Protisten gabelte sich der Hauptstamm in zwei Riesenäste mit divergenten Charakteren, wo-

von der **eine** Ast sich zum Reich der höheren Pflanzen, der **andere** Ast sich zum Reich der höheren Thiere weiter entwickelte.

An der Hand der bisherigen Ergebnisse aller zu Hilfe herbeigezogenen Naturwissenschaften können wir mit ziemlicher Sicherheit den **einheitlichen** Stammbaum für das **gesammte** Organismenreich in der durch nebenstehende Figur 36 anschaulich gemachten Weise konstruiren.

Der **Verlauf der zwei Hauptäste** des Stammbaumes giebt die **Richtung und Stufenfolge** in der Weiterentwicklung aller Vorfahren der höchsten Pflanzen einerseits und der höchst organisirten Thiere, der Säugethiere und des Menschen anderseits.

Die **Seitenzweige** und letzten Verästelungen endigen mit den noch jetzt lebenden Formen des Thier- und des Pflanzenreiches.

Nichts wird so drastisch und so anschaulich die natürliche Stellung des Menschen in der Natur unserem Bewußtsein nahe bringen, wie der Anblick des Stammbaumgerüstes, auf dem Alles gefußt hat, was in der Vergangenheit geathmet und sich entwickelt hat, des Baumgerüstes, dem wir **Alle** entsproßt sind, des Stammbaumes, dessen grüne Blätter die heute noch lebenden und athmenden Thier- und Pflanzenarten darstellen.

Wir erkennen, daß dem so ist: **Alle lebenden Kreaturen sind untereinander blutsverwandt. Die Thiere sind uns nahe gerückt und das Leben der Pflanze ist stammverwandt unserem eigenen Leben.**

Ein einziges lückenloses Band, gewirkt aus blutsverwandtschaftlichen Beziehungen, umfaßt uns Alle, die wir athmen und uns im Lichte freuen, die wir herrschen und die wir unterthan sind: Mensch, Thier und Pflanze — Brüder und Schwestern! Die Natur spricht zu uns auf einmal eine freundlichere Sprache.

IX.

Die Unterschiede zwischen dem höheren Thier und der höheren Pflanze.

Die Eintheilung der Lebewesen in Thiere und Pflanzen ist wissenschaftlich nicht mehr haltbar; denn die niedrigsten Organismen sind weder Thier noch Pflanze oder beides zugleich. Nur die höheren Organismen zeigen mehr oder weniger scharfe Gegensätze pflanzlicher und thierischer Charaktere. Hauptunterschiede zwischen höheren Pflanzen und höheren Thieren: Bewegungsvermögen. Empfindungsvermögen — Nerven und keine Nerven. Freier Wille — kein absolut freier Wille. Unser Wille ist ein Spiel von jedem Druck der Luft. — Gegensätze in der Oberflächenentwicklung der Pflanze und der inneren Gliederung im Thier.

Wir haben in den vorhergehenden Abschnitten gesehen, wie des Uebereinstimmenden bei Pflanzen und Thieren so viel ist, daß man sich billig fragen könnte: warum sprechen wir von zwei Reichen, als ob die Konstituenten grundverschiedene Wesen wären? Gewiß ist diese Frage sehr berechtigt: in den wesentlichsten Faktoren des Lebens und der Entwicklung stimmen die Pflanzen und die Thiere derart überein und es fließen die Charaktere beiderlei Organismen so ineinander über, daß eben eine natürliche Grenze zwischen Pflanzen- und Thierreich nicht zu finden ist.

Im Protistenreich, im Reich der einzelligen Organismen, aus dem ja die höheren Pflanzen und die höheren Thiere ihren Ursprung genommen haben, fließt Thier- und fließt Pflanzencharakter in unentwirrbarem Gemenge zum Wesen des einfachen Zellenlebens, zum Wesen des Lebens **schlechthin** zusammen.

Dem Auge des Forschers erscheint daher die Eintheilung der Organismen in Pflanzen und Thiere als eine Willkür und menschliche **Künstelei**, die nur in der oberflächlichen Beobachtung und höchst mangelhaften Erkenntniß der lebendigen Natur, nicht aber im thatsächlichen Geschehen der Natur ihre Begründung hat. — Wäre das Auge des Menschen vom Anbeginn menschlichen Beobachtens und Denkens an mit einem guten Mikroskop ausgestattet gewesen, wie heute das Organ des Gesichtes beim beobachtenden Naturforscher thatsächlich ausgestattet ist: **nie** wären die Menschen dahin gekommen, Pflanze und Thier in so krassen Gegensatz stellen zu wollen, wie es thatsächlich geschehen ist.

Nach Jahrtausenden zählende Irrthümer sterben aber nicht leicht aus, so daß wir uns wohl noch lange Zeit mit dem Fortbestand des Irrthums auch in dieser Sache werden abfinden müssen. Aber die Logik der Thatsachen postulirt für die nähere oder fernere Zukunft die Vereinigung des Pflanzen- und des Thierreiches in das eine, untrennbare **Reich der Lebewesen** schlechthin.

Die Botaniker und die Zoologen werden eines Tages nicht blos nur Forscher der Pflanzen- und der Thierkunde, sondern einfach **Forscher des Lebens** schlechthin sein.

Die bisherige veraltete Unterscheidung der Lebewesen in Pflanzen und Thiere beruht auf der einseitigen Beobachtung der **höheren** Organismenformen und völliger Nichtbeachtung der niedrigsten Lebewesen.

Bei den höheren Pflanzen und Thieren giebt es allerdings krasse Gegensätze, **Unterschiede**, die heute noch jedem Kinde auffallen müssen und auch dem gewohnten Auge des Naturbeobachters, selbst dem Auge des Forschers noch imponiren.

Diese Unterschiede zwischen höheren Thieren und höheren Pflanzen verdienen daher sehr wohl unsere Beachtung.

Hier sind die wichtigsten:

1. Das Thier bewegt sich; die Pflanze sitzt fest und bewegt sich anscheinend nicht von der Stelle.

2. Das Thier empfindet durch Nerven, fühlt Schmerz und Lust; die Pflanze entbehrt der Nerven, fühlt also wohl weder Schmerz noch Lust.

3. Das Thier hat anscheinend einen freien Willen; die Pflanze hat anscheinend keinen freien Willen.

4. Das Thier ist eine auf den engsten Raum konzentrirte Anhäufung zahlreicher Organe, welche nach Außen möglichst wenig Angriffspunkte darbieten; die Pflanze ist stark in die Fläche und den Raum entwickelt, sie bietet den äußeren Agentien gerade in den wichtigsten Organen möglichst viel Angriffspunkte.

5. Die Pflanze allein vermag von Wasser, Luft und Erde zu leben; sie nährt sich also aus unorganischen Substanzen; das Thier aber lebt auf Kosten schon gebildeter und zwar auf Kosten der von Pflanzen vorgebildeten Stoffe, also aus organischen Substanzen. (Diesen Gegensatz in der Ernährungsweise der Pflanzen und Thiere werden wir im nächstfolgenden Kapitel X des Weiteren ausführen.)

Wir haben in der Folge zunächst jeden einzelnen dieser Gegensätze genauer ins Auge zu fassen; dabei werden wir sehen, daß keiner derselben für alle Fälle zutrifft.

Erster Unterschied: Das **Thier bewegt sich, die Pflanze sitzt fest** und bewegt sich anscheinend nicht von der Stelle.

Das ist in der That der augenfälligste Unterschied zwischen höheren Pflanzen und Thieren. Das Kind nimmt ihn zuerst wahr und das lebende Thier nimmt wegen seiner Beweglichkeit die Aufmerksamkeit des Kindes in viel höherem Maße in Anspruch als die anscheinend starre Pflanze.

Auch die Thiere unterscheiden wohl meistens auf Grund dieses Unterschiedes zwischen Thier und Pflanze. Die junge Katze spielt wie ein Kind mit dem Ball, weil die todte Kugel durch ihre hochgradige Beweglichkeit sich äußerlich ganz ähnlich verhält, wie ein lebhaftes Thier. Ein wachsamer Hund sieht hinter jeder auffälligen Bewegung todter Körper ein lebendiges Thier; er bellt, wenn ein leichter Windhauch dürres Laub in Bewegung setzt, das raschelnd am vierbeinigen Wächter des Gartens vorbeitreibt — und er heult und bellt gegen die Aeolsharfe, welche der Thalwind ertönen macht.

Warum bewegt sich das Thier? Warum bewegt sich die Pflanze **nicht?** Der Grund dieses so auffällig verschiedenen Verhaltens liegt in der Art und Weise, wie Pflanzen und Thiere ihre Nahrung gewinnen.

Das lebendige **Thier** bedarf des aktiven lokomotorischen Bewegungsvermögens zum Aufsuchen der Nahrung und Beute. Kein höheres Thier vermag sich aus Erde, Wasser und Luft allein zu ernähren. Alle höheren Thiere bedürfen zu ihrem Gedeihen schon vorgebildete organische Stoffe: Eiweißsubstanzen, Kohlenhydrate und Fette — die außerhalb des thierischen Körpers als Nahrung für das Thier wohl meist zu finden sind, aber vom hungernden Thier eben aufgesucht und mit eigenartigen Bewegungen in den lebendigen Thierkörper eingeführt, gefressen werden müssen.

Die lebendige **Pflanze** mit ihrem in der Erde gefestigten Wurzelwerk und dem über die Erde emporragenden, grünbeblätterten Stamm ist viel weniger als das Thier von anderen Lebewesen abhängig: sie lebt aus Erde, Wasser, Luft und Licht. An Ort und Stelle, wo sie — aus dem Samen auskeimend — ans Tageslicht tritt, muß sie ihre Nahrung auch finden. Aus der feuchten Erde

bezieht sie durch ihre Wurzelthätigkeit den Bedarf an Wasser und Mineralsalzen; aus der atmosphärischen Luft, welche den Stamm und sein Gerüste mit sammt den grünen Blättern umspült, bezieht sie ihren Kohlenstoffbedarf und sie schafft unter dem Einfluß des Sonnenlichtes aus diesen Rohmaterialien alle jene komplizirten Stoffe, welche den Leib der einzelnen Zelle aufbauen und sein Leben erhalten.

Damit in Zusammenhang stehen die charakteristische Unterschiede zwischen den Zellen höherer Pflanzen einerseits und den Zellen höherer Thiere anderseits.

Die typische Zelle der höheren Pflanzen ist von einer festen Zellstoffhaut begrenzt, die den zarten, lebendigen Protoplasmakörper in eine schützende Kammer einschließt und dem ganzen vielzelligen Pflanzenorgan Steifheit und Festigkeit verleiht. Viele Pflanzenzellen bilden so steife und so harte Membranen, daß manche Gewebe härter erscheinen als Stahl und statt des Feuersteins zum Funkenschlagen benützt werden könnten. Die Tragfähigkeit und Biegungsfestigkeit vieler Pflanzenorgane beruht auf den Eigenschaften der todten Zellmembranen. Große Laub- und Nadelbäume besitzen einen verhältnißmäßig dünnen Stamm, der nicht allein die schwere Last des Ast- und Laubwerkes — oft nach Hunderten von Kilozentnern zählend — tragen muß, sondern auch dem Anprall des Sturmes zu widerstehen hat.

Dem gegenüber erscheint als Charakterzug einer typischen Zelle der höheren Thiere die Abwesenheit einer festen Zellstoffumhüllung. Viele Zellen des Thierleibes sind nackte Plasmakörper, andere sind mit Häuten ausgestattet, welche viel weicher, schmiegsamer und zarter bleiben als die Holzstoffmembran der Pflanzenzellen.

Das typische Gewebe eines höheren Thieres erscheint in den Weichtheilen des Leibes viel weicher und plastischer, als das typische Pflanzengewebe in den Weichtheilen des höher organisirten Pflanzenleibes. Man vergleiche beispielsweise die Weichheit des Muskelfleisches oder des Hirnes mit der Steifheit des weichsten Gewebes in einer saftigen Wurzel oder eines fleischigen Blattes oder einer reifen Frucht vom Apfel- oder Birnbaum.

Der Pflanzen-Anatom kann sich gar nicht vorstellen, wie es möglich werden sollte, daß ein aus typischen Pflanzenzellen mit Zellstoffmembranen aufgebautes Organ lebhafte Bewegungen aus-

führe vom Charakter der Bewegungen eines lebendigen Thiermuskels, wie er z. B. in den Beinen eines englischen Rennpferdes oder in den Flügeln eines Adlers oder in den Flossen einer Forelle oder in den Glied- und Rumpfmuskeln eines Turners in größerer Anzahl sich findet.

Weil die grüne Laubpflanze auf dem einmal eingenommenen Standort gar nicht nöthig hat, sich vom Platze zu bewegen, so hat sie auch gar nicht nöthig, Organe für rasche Ortsbewegungen zu schaffen und für ihre Lebensart ist gerade diejenige Ausstattung der Zellen ihres Leibes die günstigste, die ihr durch die Entwicklung geworden ist.

Die natürliche Zuchtwahl hat die Entwicklung der divergirenden Charaktere in Pflanzen- und Thierzellen regulirt. Die aktive Beweglichkeit des Thierleibes ist also Anpassung an die thierische Ernährungsweise, wie denn die ungelenke Steifheit des höheren Pflanzenleibes als Anpassung an die Existenzbedingungen der Pflanze erscheint.

Ausdrücklich muß hervorgehoben werden, daß dieser Hauptunterschied zwischen Thier und Pflanze — die aktive Beweglichkeit einerseits und die starre Steifheit anderseits — im Wesentlichen nur für die höheren Pflanzen und Thiere gilt.

An der unteren Grenze des Pflanzen- wie des Thierreiches erscheint dieser Charakterzug an vielen Stellen durchbrochen. Es giebt niedrige Thiere, die ihr ganzes Leben lang festsitzen an jener Stelle, wo sie ins Dasein traten; andererseits giebt es eine Menge niedriger Pflanzenarten, die sich mit thierähnlicher Beweglichkeit fortwährend vom Ort bewegen und als wasserbewohnende Vagabunden einen unbesiegbaren Wandertrieb bekunden, wie er stärker bei keinem Thiere sich manifestirt. Beispiele dieser Art treffen wir bei den Volvocineen (Kugelalgen) und bei manchen Spaltpilzformen.

Ein zweiter Unterschied: Das Thier empfindet durch Nerven, fühlt Schmerz und Lust; die Pflanze entbehrt der Nerven, fühlt also wohl weder Schmerz noch Lust.

In unserem Kulturzeitalter unaufhörlich wiederkehrender nervöser Erregungen möchten wir arme Nervenwesen wohl gelegentlich die nervenlose Pflanze um ihr vegetatives Traumleben beneiden.

Was sind Nerven?

Die Organe der Empfindung einerseits und die Erreger von Muskelbewegungen anderseits.

Manch Einer möchte wohl am liebsten gar keine Nerven besitzen. Allein das höhere Thier ist schlechterdings ohne Nerven gar nicht denkbar. Alle Sinnesorgane: der Gesichts- und der Gehörapparat, die Geschmacks-, Geruchs- und Gefühlsorgane wären ohne Nerven weiter nichts als empfindungslose „lederne“ Apparate, mit denen Thier und Mensch weder sehen, noch hören, noch schmecken, noch riechen, noch fühlen könnten. Auch alle Bewegungsorgane wären ohne Nerven zur üblichen Aufgabe untauglich. Allerdings kennten wir dann auch keine Schmerzen, aber ebenso wenig würden wir ein Lustgefühl empfinden.

Es lohnt sich der Mühe, uns annähernd eine Vorstellung zu machen, wie wir dran wären, wenn wir auch blos die uns gelegentlich am lästigsten fallenden Nerven einen Tag lang aus unserem körperlichen Mechanismus ausschalten könnten: jene Nerven, die uns die Empfindung äußerer Reizursachen vermitteln, welche uns also am häufigsten quälen und gelegentlich den Einen oder Anderen unseres Geschlechtes zur Verzweiflung treiben.

Versuchen wir, uns vorzustellen, welches die Geschichte eines einzigen Tages für einen Kulturmenschen sein würde, der sämmtliche Empfindungsnerven außer Funktion setzte, ungefähr so, wie man in einem Maschinenhaus die Transmission von der treibenden Turbine ausschalten kann. Nehmen wir an, die Zentralorgane des Nervensystems (Hirn und Rückenmark) als Substrate und Erzeuger des Bewußtseins, blieben in denkbar ungestörtester Funktion, ebenso alle Nerven der willkürlichen Muskelbewegungen: auch Herz und Lungen wirkten ungestört weiter, und setzen wir dabei voraus, dieser zum Theil „entnervte“ Kulturmensch würde gewohnheitsgemäß alle Verrichtungen vollbringen wollen, wie an einem gewöhnlichen Werktag vorher: wie würde die Geschichte dieses einen schmerzlosen Tages beginnen? wie würde sie enden? — Die Nacht weicht dem Morgen und wir sehen nicht die Tageshelle, weil die lichtempfindenden Nerven fehlen. Wir stehen trotzdem aus dem Bette auf: aber wir fühlen nicht das warme Thierfell am Boden, wir empfinden nicht die eisige Kälte des gewichsten Zimmerbodens und holen uns daher schon gleich eine mißliche „Verkältung“. Wir fühlen auch nicht die Kleider, die wir automatisch anziehen und empfinden nicht den rostigen Nagel, der uns zufällig in den Fuß dringt, da wir in die Stiefel schlüpfen. Wir gehen schmerzlos zum Frühstück, nachdem wir bereits drei, vier Todesursachen in den Leib bekommen

haben. Indem wir essen, schmecken wir nicht die Hafersuppe auf unserer Zunge — die Köchin könnte uns ebenso gut einen Sandbrei oder Mörtel vorgesetzt haben; wir riechen nicht das Aroma des Mokkakaffees, sehen nicht die Fliegen, welche uns das Butterbrot abweiden, noch die lebende Wespe, die uns mitsammt der Konfitüre in den Mund gerathen ist — und beim Anzünden der Zigarre versengen wir uns Bart und Augenbrauen ohne Empfindung. Das brennende Streichholz entzündet unser Kleid und es schmerzt nicht, dieweil wir kurz nach dem Frühstück mitsammt dem Haus über uns zu Asche verbrennen — ohne Empfindungsnerven.

Der Mensch, welcher sich nach seinem eigenen Wunsche der Nerven entledigen könnte, würde innerhalb einer einzigen Stunde des gewöhnlichen Tages ein Dutzend Todesursachen in den lebendigen Leib bekommen.

Die empfindenden Nerven warnen den höheren thierischen Organismus vor Tausenden von Todesgefahren: der Schmerz ist für das Dasein der höheren Thiere nicht weniger Nothwendigkeit als die Lustempfindung beim Genießen aller Daseinsfreuden.

Alle Sinnesorgane der höheren Thiere würden ohne Nerven in Wegfall kommen. Aber wir wissen ja Alle, wie sehr das höhere Thier der Sinnesorgane zu seinem Dasein bedarf, genügt ja doch schon häufig der Wegfall nur eines einzigen Sinnes, z. B. des Gesichtssinnes oder des Gehörsinnes, um den ganzen höheren Thierorganismus als Ruine erscheinen zu lassen.

Fast bei allen und jeden Funktionen des thierischen Organismus spielen die Nerven eine so wichtige Rolle, daß die normale Bethätigung dieser ganz spezifisch thierischen Organe Gedeihen und Fortdauer des thierischen Lebens geradezu bedingt. Die komplizirten Vorgänge der Ernährung, der Athmung, des Stoffwechsels im weiteren und engeren Sinne, auch die Erscheinungsreihen der Fortpflanzung sind bei den höheren Thieren nur möglich unter der erregenden und der regulirenden Thätigkeit der Nerven.

Der ganze Organismus des höheren Thieres oder des Menschen würde unter dem plötzlichen Wegfall aller Nerven ein plötzlich sterbender Zellenstaat sein, der existenzfähig nur denkbar wäre mit der Organisation des höher organisirten Pflanzenleibes, wo nervenlose Organe die Ernährung besorgen durch grüne Plasmakörper, welche aus Wasser und Kohlensäure die hauptsächlichsten Baustoffe zum Leib und zur Unterhaltung des Lebens zu bilden vermögen.

Die Nerven aus unserem Leibe wegwünschen, heißt den Wunsch haben: Pflanze zu werden.

Durch die Entwicklung eines besonderen Systems von Zellen — eben der Ganglien- oder Nervenzellen — sind aus thier-pflanzlichen Protisten allmälig höhere Thiere entstanden. Als Organe der Empfindung und der Bewegung sind die Nerven im eigentlichsten Sinne des Wortes die vornehmsten Charaktere des Thierorganismus.

Wohl giebt es ja auch einige höhere Pflanzen, welche anscheinend wie Thiere empfinden, so z. B. die keusche Sinnpflanze mit ihren gefiederten Blättern vom Aussehen der Akazienblätter, welch' letztere in gesundem Zustande und unter allen günstigen Verhältnissen sich auf leichte Berührungen oder in Folge Erschütterung, Stoß und dergleichen rasch bewegen und die sogenannte Schlafstellung einnehmen, als wären diese Blätter mit thierischen Nerven begabt. Allein alle sorgfältigen anatomischen und physiologischen Untersuchungen haben ergeben, daß es in diesen Fällen doch keine empfindenden und bewegenden Nervenzellen giebt, sondern daß es sich einfach um Einwirkungen auf das lebendige Plasma ganz gewöhnlicher Zellen handelt, die — eingeschlossen in festen Membranhüllen, nur höchst schwerfällig nach Außen zu reagiren vermögen.

In der That sind alle die bisher bekannt gewordenen Reizbewegungen bei Organen höherer Pflanzen im Vergleich zum Bewegungsvermögen der höheren Thiere so unbeholfene, automatisch aussehende, daß der Vergleich zwischen pflanzlichem und thierischem Empfinden und Bewegen immer zu Gunsten des nervenbegabten Thieres ausfällt.

Die empfindenden Zellen der höheren Pflanzen werden durch die festen, mehr oder weniger starren Zellhäute stets in der Raschheit ihrer Reaktion — ihrer Gegenwirkung — gehemmt. Der lebendige Protoplasmakörper der einzelnen Pflanzenzelle, welcher allein zu empfinden und zu reagiren vermag, ist beim Empfinden und beim Reagiren stets ein mehr oder weniger isolirter Zellenhäftling, indeß die Protoplasten der untereinander verbundenen **thierischen** Nervenzellen unmittelbar empfinden und ohne Hemmniß ihre Erregungen weiter leiten können auf Wegen, die man nicht unpassend mit Telegraphendrähten verglichen hat.

Das, was man eine Nervenfaser nennt, ist eigentlich nur ein Theil, und zwar ein drahtartiger Ausläufer einer sog. Ganglien-

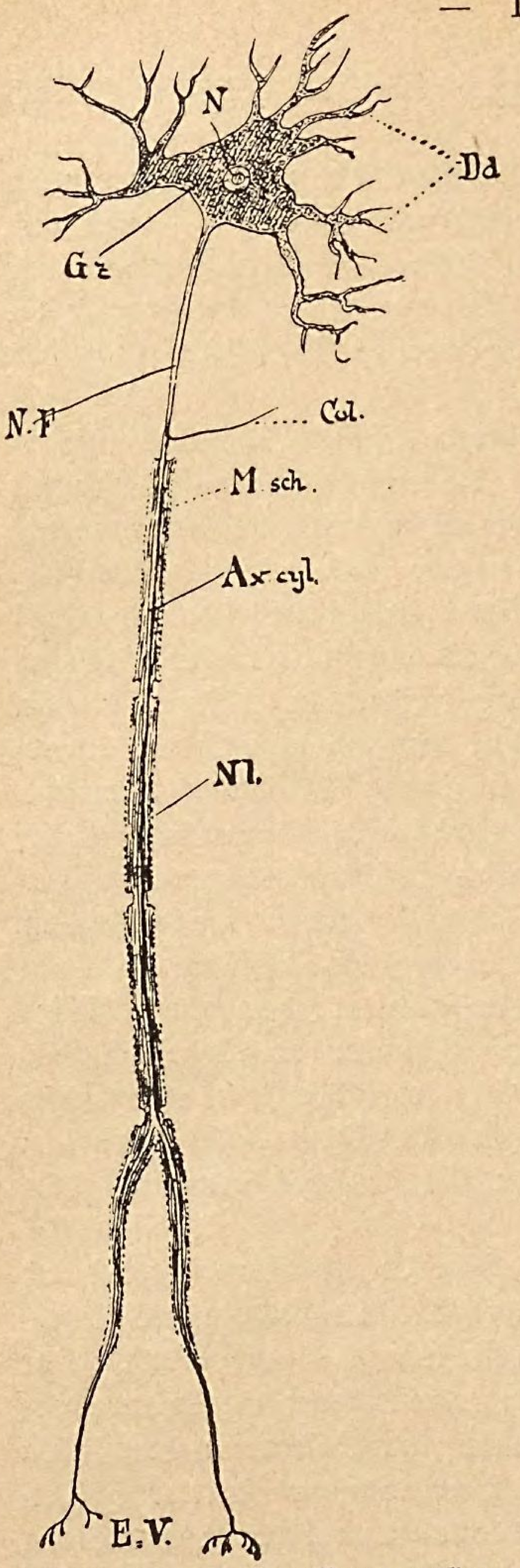


Fig. 37. Schema einer Nerven-(Ganglien-)zelle mit ihren Anhängen — als Elementarbestandtheil des Nervensystems. (Nach Stöhr.) — Gz Ganglienzelle. N deren Zellkern. Dd Dendriten. NF Nervenfortsatz. Col Collaterale. Ax-cyl Axencylinder. M.sch Markscheide. E-V Endverästelung.

zelle, wie wir sie in nebenstehender Figur abgebildet sehen.

Die einzelne Ganglienzelle ist ein meist unregelmäßig-sternförmiger Protoplasmakörper, der mehrere zum Theil wiederholt verästelte Fortsätze nach verschiedenen Richtungen aussendet. Von diesen Protoplasma-Fortsätzen verläuft meistens nur einer auf lange Strecken ungetheilt und enthält eine Markscheide, M. sch.: er wird daher Axencylinder genannt und stellt eben jenen Theil der ganzen Zelle dar, den man unter dem Ausdruck Nervenfaser versteht, indeß die anderen, oft bäumchenartig verzweigten Fortsätze der Ganglienzelle Dendriten genannt werden. Das Protoplasma der Ganglienzelle ist körnig oder feingestreift und schließt einen bläschenförmigen Zellkern ein; eine Zellhaut (Zellmembran) fehlt der Nervenzelle.

Die markhaltigen Nervenfasern sind bei verschiedenen Thieren und verschiedenen Organen desselben Thieres ungleich dick: 1 bis 20 Tausendstelmillimeter, d. h. die dünnsten Fasern sind so fein, daß deren nicht weniger als Tausend Stück auf die Breite eines Millimeters in der Fläche nebeneinander Platz haben würden. (Eine vierkantige Säule von 1 Quadratmillimeter Grundfläche vermöchte also circa eine Million solcher Nervenfasern zu halten.)

Wirklich giebt es im Leib der höheren Thiere dicke Nervenstränge, welche Millionen von mikroskopisch feinen Nervenfasern im Querschnitt zeigen, deren jede einen eigenen Leitungsweg darstellt, wie die Dutzende von Einzeldrähten, die in einem mächtigen Telephonkabel enthalten sind, wo jeder Einzeldraht befähigt und bestimmt ist, unabhängig von den anderen seiner elektrischen Stromleitung obzuliegen.

Viele solcher Ganglienzellen und ihre zugehörigen Nervenfasern sind zu höheren Einheiten vereinigt und dienen ganz bestimmten Funktionen. Von zentralen Stellen aus verbreiten sich die Nervenfasern in alle Theile des Körpers, um Eindrücke von Außen oder Erregungen von Innen her auf entferntere Theile zu leiten, Empfindungen zu vermitteln und unter Umständen auch Muskeln, Blutgefäße, Drüsen u. s. f. zu weitergehenden Aktionen anzuregen.

Ein anscheinend unentwirrbares Geflecht von Ganglienzellen und Nervenfasern bildet die Hauptmasse des Gehirnes und Rückenmarkes, wo die Nervenelemente nach Millionen zählen. Welche Arbeit hier für die Forschung zu bewältigen ist, muß sofort einleuchten, wenn wir die fast ungeheuerliche Feinheit der Nervenfaser einerseits und die komplizirte Verbindung zwischen Fasern, zugehörigen Ganglienzellen und verästelten Endigungen der Fortsätze anderseits bedenken. Dabei ist wohl zu beachten, daß es Nervenfasern giebt, die trotz ihrer mikroskopischen Feinheit eine Länge von einem Meter und darüber erreichen. Wendet man bei derartigen Untersuchungen eine 800 bis 1000malige Vergrößerung an, um die dünne Einzelfaser noch hinreichend scharf sehen zu können, so muß die Länge der Faser in solchem Falle 800 bis 1000 Meter im mikroskopischen Bilde messen. Kein Mikroskopiker wäre im Stande, eine solche Faser vom einen Ende bis zum anderen verfolgen zu können, da in der Regel Hunderte von Fasern zu gleicher Zeit in mannigfaltigen Krümmungen nebeneinander verlaufen. Man denke sich beispielsweise einen dicken Bindfaden hergestellt aus Tausenden von Spinnenfäden, wie sie der Altweibersommer über die Herbstfelder spannt, und diesen Bindfaden sollten wir entwirren derart, daß der Einzelfaden vom einen Kilometerstein bis zum nächstfolgenden deutlich verfolgt werden könnte. Jedermann wird einsehen, daß dies letztere zu den Unmöglichkeiten zu rechnen ist. Nichts destoweniger hat die neuere Nervenforschung durch verfeinerte Methoden es dahin gebracht, daß wir uns heute schon an-

nähernd darüber eine Vorstellung machen können, wie die Nervenfasern und Ganglienzellen mit Fortsätzen untereinander in Verbindung treten und ein System von Reizleitorganen darstellen, das an Feinheit und Komplizirtheit alle bisherigen Vorstellungen von Telephonleitungen und Allarmeinrichtungen jeder Art weit hinter sich läßt.

Aber trotz dieser Erfolge der neueren Nervenforschungen erscheint das bisher Erreichte erst nur als **Anfang**: die Hauptarbeit ist erst noch zu bewältigen — eine Aufgabe für kommende Forschergenerationen.

Dritter Unterschied: Das **Thier** hat anscheinend einen **freien** Willen; die **Pflanze** hat anscheinend **keinen freien** Willen.

Wenn wir die äußerlich wahrnehmbaren Lebenserscheinungen bei höheren Pflanzen einerseits und bei höheren Thieren anderseits miteinander vergleichen, so macht es allerdings den Eindruck, als ob das **Thier**, der **Mensch**, einen in Bewegungen, Handlungen oder Unterlassungen sich kundgebenden freien Willen hätte, der den höheren Pflanzen abgeht.

„Ich **will**!" sagt der **Mensch** und er handelt anscheinend willkürlich. „Ich **dulde**, was über mich geht" — könnte die Pflanze sagen — „denn ich habe nicht Kraft und nicht Fähigkeit zu einer freien Willensäußerung."

Aber einer **vergleichenden** Betrachtung ergiebt sich alsbald, daß der sogenannte **freie Wille** beim höheren Thier und beim Menschen nicht als absolut Gegensätzliches zu der Reaktionsfähigkeit der lebenden Pflanze in Opposition steht, sondern daß eine Kette feinster Abstufungen auch in der psychischen Sphäre das scheinbar Gegensätzliche zwischen höherer Pflanze einerseits und Thier und Mensch anderseits verbindet, mit anderen Worten: daß die Fähigkeit der Willensäußerung bei Thier und Mensch nur dem Grade nach, nicht aber dem Wesen nach verschieden ist von der Fähigkeit des pflanzlichen Protoplasmas, auf äußere oder innere Reize hin zu reagiren.

An der unteren Grenze beider Organismenreiche sind die Fähigkeiten der „freien" Willensäußerung bei Thier und Pflanze ganz dieselben.

Die vergleichende Entwicklungsgeschichte der thierischen Nervenorgane hat ergeben, daß die primitivste Thierzelle, als welche

z. B. das einzellige Flagellatenwesen erscheint, Ausgangspunkt für die phylogenetische Entwicklung der Nervensysteme aller Thierklassen gewesen ist und daß als Organe und Erzeuger aller „freien“ Willenskraft bei sämmtlichen Thieren, auch beim Menschen, die Zentral-Organe oder die „Zentren“ der Nervensysteme zu betrachten sind, so daß in letzter Instanz der anscheinend „freie“ Wille des Menschen und der höheren Thiere nichts Anderes darstellt, als die Fähigkeit und Nothwendigkeit der vielen einzelnen Ganglienzellen unserer zentralen Nervenorgane, auf äußere oder innere Reize hin zu reagiren.

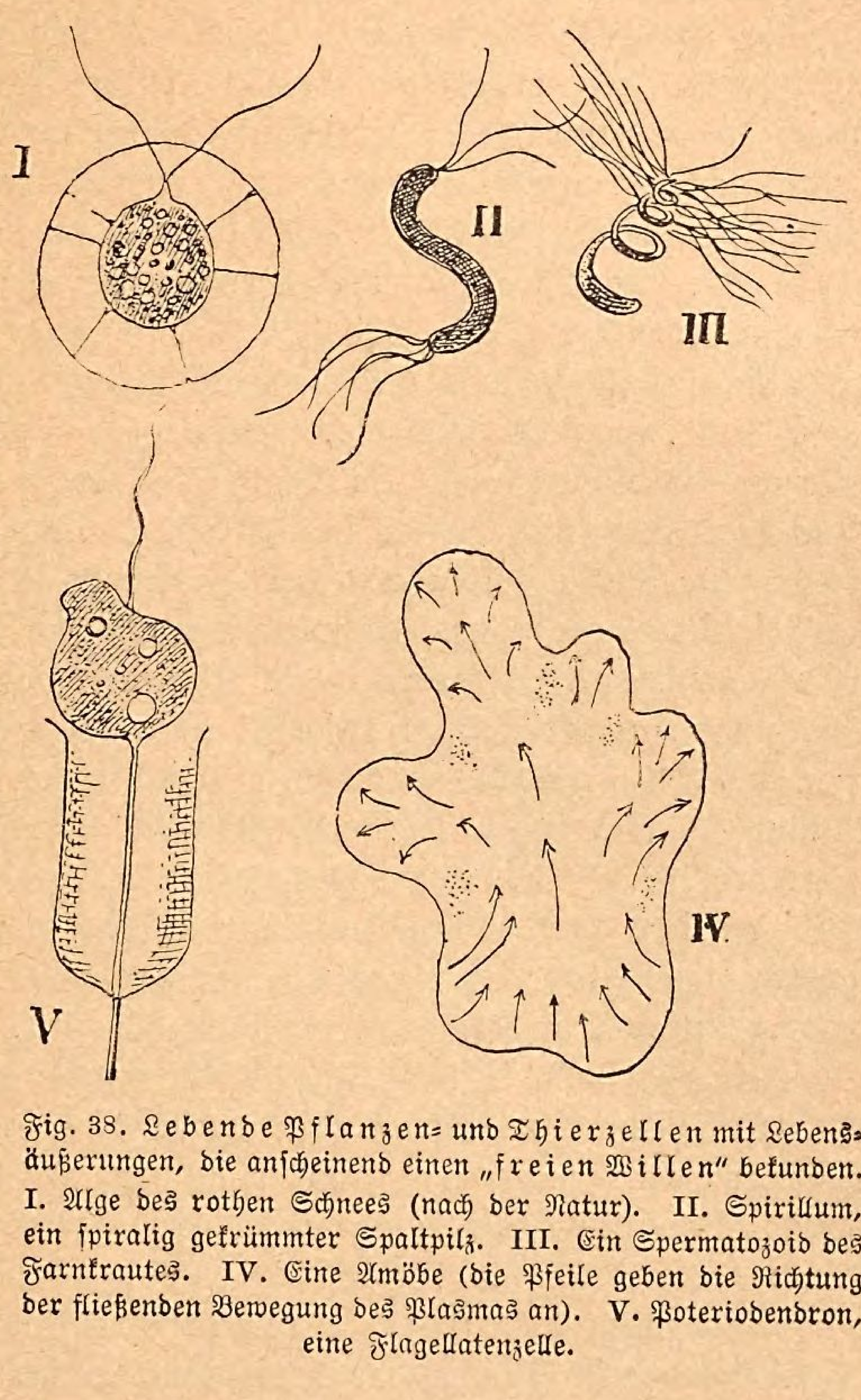


Fig. 38. Lebende Pflanzen- und Thierzellen mit Lebensäußerungen, die anscheinend einen „freien Willen“ bekunden. I. Alge des rothen Schnees (nach der Natur). II. Spirillum, ein spiralig gekrümmter Spaltpilz. III. Ein Spermatozoid des Farnkrautes. IV. Eine Amöbe (die Pfeile geben die Richtung der fließenden Bewegung des Plasmas an). V. Poteriodendron, eine Flagellatenzelle.

Darnach ist also von einem absolut freien Willen **keine Rede!**

Einige wenige Beispiele lebendiger Pflanzen- und Thierzellen mögen hinreichen, uns deutlich zu machen, wie es mit dem „freien Willen“ im Reich der Organismen aussieht.

Die Alge des rothen Schnees (Fig. 38 I), welche in unsern Hochalpen und auf den Schneefeldern des Nordens oft in solcher Masse auftritt, daß weite Flächen davon blutroth gefärbt erscheinen,

besteht aus einzelligen Organismen, die einen kugeligen oder birnförmigen Plasmakörper darstellen, der mitten in einer kugeligen Blasenhaut an feinen Fäden aufgehängt ist und nach Außen zwei geißelförmige Fortsätze abschickt. Diese zwei Geißeln sind stets in lebhafter Schwingung begriffen und versetzen den ganzen Körper in eine drehende Bewegung, wobei zu gleicher Zeit das ganze Pflänzchen von der Stelle fortrückt. Der Plasmakörper enthält einen Zellkern und neben demselben einen grün oder roth gefärbten Theil, welcher assimilirt, das heißt aus Kohlensäure und Wasser organische Substanzen bildet, also das Organ der Ernährung darstellt. Im lebenden Zustand scheinen die Bewegungen so willkürlich zu sein, wie bei einem Thier, und doch zeigt eine genauere Betrachtung, daß diese Bewegungen total von äußeren Umständen, vom Licht, von der Wärme, von der größeren oder geringeren Menge des Sauerstoffes im Wasser abhängig und bedingt sind. Der Experimentator hat es in der Hand, die eine oder die andere Bedingung auszuschalten und den „freien Willen" des sonderbaren Lebewesens aufzuheben. Aehnlich verhält es sich mit den aktiv beweglichen Spaltpilzen, welche ebenfalls geißelartig schwingende Bewegungsorgane besitzen (Fig. II) und unter dem Mikroskop die zierlichsten Spaziergänge machen, als wären sie ebenfalls mit freiem Willen begabte Lebewesen. Der Pflanzen-Physiologe Pfeffer hat aber gezeigt, daß die Bewegung dieser Pilzchen bedingt wird durch die ungleiche Vertheilung der im Substrat aufgelösten festen und gasförmigen Stoffe, welche zum Leben und zur Kraftäußerung dieser mikroskopischen Spaziergänger nothwendig sind.

Verwandt mit diesen „Willens"äußerungen niedriger Algen und Pilzzellen sind die Bewegungen der Spermatozoiden bei den Moosen, Farnkräutern, Schachtelhalmen und Bärlappgewächsen, sowie der sämmtlichen höheren Thiere. (Vergleiche Fig. 11 auf Seite 106 und Fig. 12 auf Seite 112.)

Auf jeden Beobachter, der am Mikroskop die Vorgänge der Befruchtung von Eizellen der Sporenpflanzen und der höheren Thiere zu verfolgen Gelegenheit hat, macht es den Eindruck, als seien die aktiv beweglichen männlichen Fortpflanzungszellen mit „freiem Willen", ja sogar mit ziel- und zweckbewußter Vernunft begabt. Denn diese aus zierlichen Plasmakörpern gebauten Zellen bewegen sich unter natürlichen Verhältnissen anscheinend so vernünftig, als wüßten sie genau, welches ihre physiologische Bestimmung, ihre Auf-

gabe ist. Ist eine empfängnißfähige Eizelle in der Nähe, so bewegen sich die Spermatozoiden in mehr oder weniger weitem Umkreis der Eizelle alle ohne Unterschied in gesteigert lebhafter freudiger Bewegung auf jene Stelle zu, wo eine Möglichkeit gegeben ist, in die unbefruchtete, reife Eizelle einzudringen.

Strasburger hat beobachtet, daß der Archegoniumhals eines Farnprothalliums durch den plötzlichen Andrang der zahlreichen herbeigeeilten Spermatozoiden, welche die Befruchtung der Eizelle im

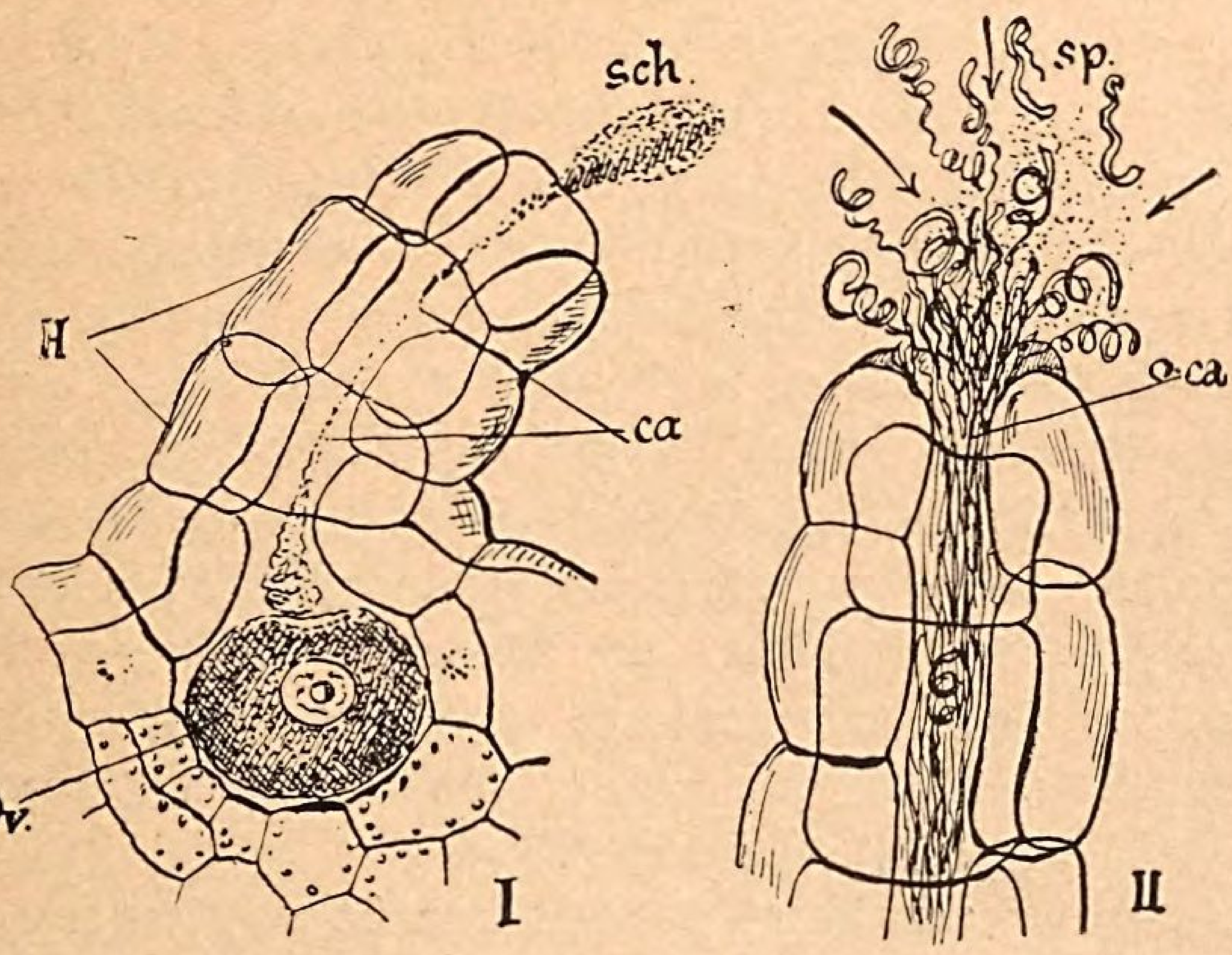


Fig. 39. I. Empfängnißfähiges, reifes Archegonium eines Farnprothalliums (Pteris serrulata). Aus dem Halskanal ca tritt der Schleim sch nach Außen. Ov. die nicht befruchtete Eizelle. II. Der obere Theil eines Archegoniumhalses, aus dem der Schleim ausgetreten ist und die Spermatozoiden sp herbeigelockt hat. Letztere sind in solcher Menge gegen die Oeffnung des Archegoniumhalses gestürzt, daß sie dort sich bedrängen und einen straußartigen Pfropfen bilden.
(Nach Strasburger in „Jahrb. f. w. Botanik." Band VII.)

Grunde des Archegoniums vollziehen „**wollten**", also anscheinend einen „**freien**", sogar „**sehr vernünftigen**" Willen bekundeten, gelegentlich verstopft und durch den Andrang der Vielen gesperrt wurde, ungefähr so, wie gelegentlich der Zugang zum Theater vom quetschenden Herandrängen des vorstellungslustigen Publikums gesperrt wird.

Der Physiologe **Pfeffer** hat durch ein geniales Experiment gezeigt, daß ein „**freier Wille**" oder zielbewußtes Erkennen und vernünftiges Wollen auch bei diesen aktiv beweglichen Zellen nicht vorhanden ist; denn dieselben Zellen, welche — anscheinend vernunft=

begabt — die Befruchtung einer Eizelle zu vollziehen in Unzahl herbeieilen, wo ein Archegonium zur Befruchtung seinen Halstheil öffnet, dieselben Zellen stürzen mit gleicher Wucht auf die Oeffnung eines Glasröhrchens los, in welchem eine sehr dünne Apfelsäurelösung enthalten ist und langsam in das Wasser austritt, wo sich die beweglichen Spermatozoiden herumtreiben. Der freie Wille und alle Vernunft wird hier durch eine Lösung von $^1/_{1000}$ Prozent Apfelsäure aus Rand und Band gebracht und der Physiologe sagt schlechtweg: Die Spermatozoiden der Farne bewegen sich deshalb gegen den geöffneten Theil des Archegoniums und gegen die empfängnißfähige Eizelle hin, weil dort etwas Apfelsäure in das Wasser abgegeben wird. Die Apfelsäure wirkt richtungsbestimmend auf die beweglichen Farnspermatozoiden ein; letztere sind chemotaktisch, das heißt reizbar durch Einwirkung chemischer Lösungen.

Bei den Laubmoosen wird aus den befruchtungsfähigen Archegonien eine verdünnte Lösung von Rohrzucker abgeschieden und das genügt, um alle in den Bereich dieser Zuckerlösung kommenden Moosspermatozoiden zu bestimmen, sich gegen die Eizelle hin zu bewegen.

Ohne Zweifel verhält es sich ähnlich mit der scheinbar zielbewußten, „vernünftigen", freiwilligen Bewegung der thierischen Spermatozoiden, welche oft auf großen Umwegen zu dem Ei gelangen, das sie befruchten „wollen".

Ganz analog verhält es sich mit dem in „freiwilligen" Bewegungen sich äußernden Willen der Amöben (Fig. 38 IV) und der Plasmodien von Schleimpilzen. Die unter dem Mikroskop so traumhaft erscheinenden Kriechbewegungen dieser lebendigen Plasmawesen werden von Außen her in ihrer Richtung beeinflußt durch größere oder geringere Mengen von Feuchtigkeit, durch die Strömungsrichtung des Wassers und durch die Anwesenheit oder Abwesenheit chemischer Substanzen, welche ihnen als Nahrung dienen können.

An der unteren Grenze des Pflanzen- und des Thierreiches begegnen wir Tausenden von Formen verschiedenartiger Lebewesen, die in den Aeußerungen ihres „freien" Willens alle darin übereinstimmen, daß sie **absolut keinen freien** Willen haben, sondern in allen ihren Lebensäußerungen bedingt werden durch äußere Agentien, durch das **Milieu.**

Jede lebendige Zelle hat ihr reizbares Protoplasma, in welchem während des aktiven Lebens stetsfort Umsetzungen,

Stoffmetamorphosen und daher auch stetsfort Bewegungen stattfinden, welche mit einem freien Willen nichts zu thun haben, sondern mit Naturnothwendigkeit kraft der ererbten Eigenschaften des Protoplasmas erfolgen müssen, wenn die äußeren Einflüsse der Umgebung es gestatten.

Hier unten manifestirt sich der „freie Wille“ als absolute Naturnothwendigkeit, als **absolute Unfreiheit.**

Auch der freie Wille der höheren Thiere, des Menschen, hat als Substrat und Nährboden nur lebendige Protoplasten, Ganglienzellen und Nervenfasern von höchster Reizbarkeit und naturnothwendiger Reaktionsfähigkeit. Diese Zellen der Zentralorgane des „freien Willens“ im menschlichen Körper und im Leib aller höheren Thiere sind phylogenetisch zurückzuführen auf primitive Flagellaten, ungefähr von der Ausstattung und Reizbarkeit des in Fig. 38 V und in Fig. 40 dargestellten Wesens. Dieses einzellige Kreatürchen ist von mikroskopischer Kleinheit. Seine lebendige Plasmazelle ist durch einen dünnen Faden am Grunde eines zierlichen Hüllkelches befestigt und besitzt eine Geißel, welche in entgegengesetzter Richtung nach Oben hervorragt und ungemein reizbar ist. Der geringste Reiz, welcher auf die Geißel einwirkt, wird abwärts in der Richtung gegen den massigen Plasmakörper, also zentripetal und sofort auch wieder aus dem zentralen Zellkörper in zentrifugaler Richtung zum Faden geleitet, mit dem das Thierchen in seiner Becherhülle festsitzt. Die Folge davon ist, daß sich dieser Faden blitzschnell entweder zusammenzieht oder aber ausdehnt.

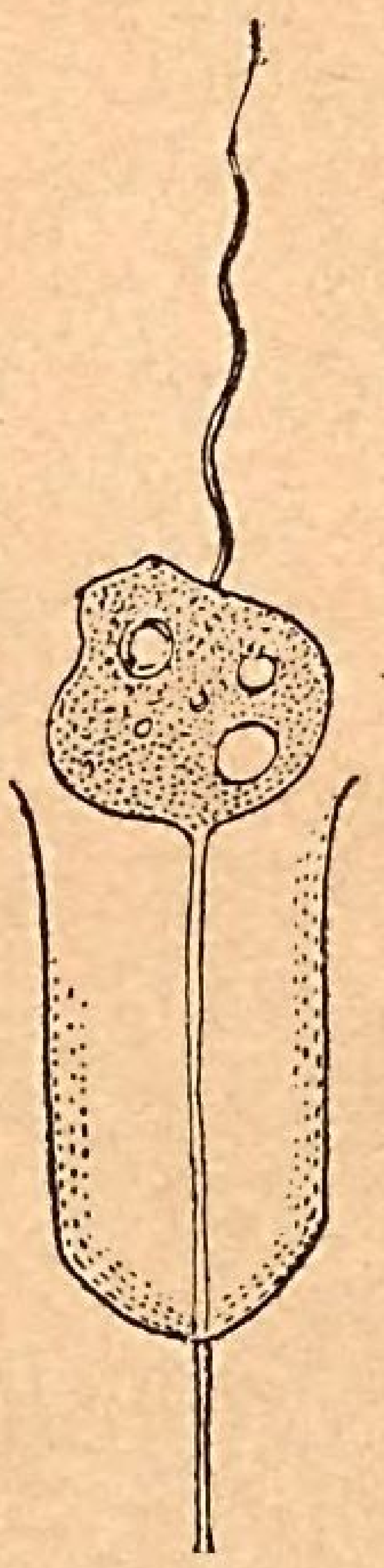


Fig. 40. Poteriodendron, eine Flagellatenzelle in kelchartiger Hülle. (Von Verworn, pag. 564.)

Aehnlich verhält es sich mit dem zierlichen Glockenthierchen (Vorticella Fig. 41), das mit einem kontraktilen Stiel auf der Unterlage festsitzt. Die empfindlichen Elemente sind aber in Mehrzahl vorhanden und bilden am oberen Theil des glockenförmigen Plasmakörpers einen Wimperkranz um den Glockenrand. Wird auf die Wimpern ein Reiz ausgeübt, so kontrahirt sich blitzschnell der auf der entgegengesetzten Seite der Zelle eingefügte Stiel und bildet zahlreiche spiralige Windungen, derart, daß die ganze Zelle plötzlich gegen die Unterlage hin eine Rückzugsbewegung macht.

Das sind nun aber einzellige Lebewesen.

Bei den mehrzelligen und vielzelligen Thieren fand eine Arbeitstheilung in dem Sinne statt, daß nicht alle Zellen denselben Funktionen obliegen, sondern von den einen Zellen z. B. die Reizaufnahme und Reizleitung, von anderen Zellen dagegen die Bewegung vermittelt wird.

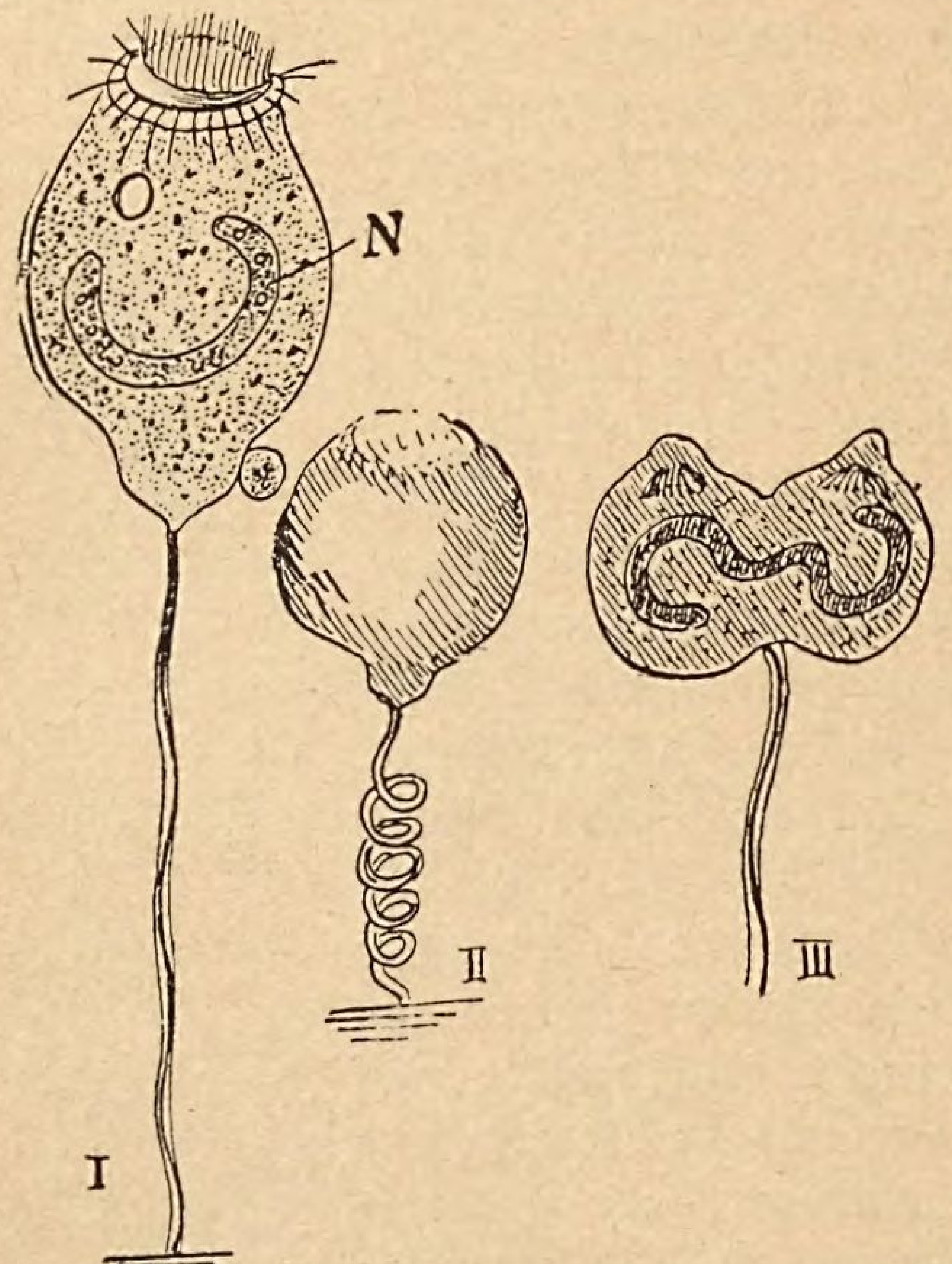


Fig. 41. I. Vorticella microstoma, Glockenthierchen, mit ausgedehntem Stiel. II. Dieselbe mit eingerolltem Stiel. III. Dieselbe in Zweitheilung begriffen.

„Hier haben wir im einfachsten Falle **drei** verschiedene Zellen: eine Zelle — die **Sinnes**zelle S in I Fig. 42 — nimmt den Reiz auf; von dieser geht eine zentripetal leitende Nervenbahn nach einer zentralen Zelle, der Ganglienzelle cG in I Fig. 42, und von hier eine zentrifugal leitende Nervenbahn zu einer Zelle, welche die Reaktion (Gegenwirkung) ausführt, zur motorischen Endzelle M in I Fig. 42. Allein diese Form des Reflexbogens (des einfachsten Nervenapparates) ist vielleicht nur bei wirbellosen Thieren realisirt. Bei den Wirbelthieren ist, soweit wir die Verhältnisse jetzt kennen, mindestens noch eine vierte Zelle in den Apparat eingeschaltet, indem nämlich statt **einer** zentralen Ganglienzelle wenigstens **zwei** vorhanden sind, von denen die eine den Reiz von der Sinneszelle empfängt und ihn zu der anderen leitet (in Fig. 42 II von sG nach mG), während die andere ihrerseits den Impuls auf die motorische Endzelle (Muskelzelle M) überträgt.“

Die Endzelle der zentrifugalen Bahn ist nicht in allen Fällen eine Muskelzelle, welche Bewegungen auszuführen hat; sie kann auch eine Absonderungszelle (Drüsenzelle), oder eine lichterzeugende Zelle

(beim Johanniswürmchen) oder gar ein elektrisches Organ sein: es kann daher die Reizreaktion (der Reflex) sein: eine Muskelbewegung, eine Drüsenabsonderung, eine Lichterzeugung, eine Elektrizitätsentladung.

„So werden auf reflektorischem Wege durch die Ganglienzellen des **Zentralnervensystems** ganz verschiedene und weit auseinander liegende Theile des Zellenstaates miteinander in Verbindung gesetzt und durch Impulse vom Zentralnervensystem her zur Thätigkeit veranlaßt." (Verworn.)

Es ist selbstverständlich, daß die hier schematisch behandelte Darstellung der Nervenapparate nur in den **Grundzügen** der Wirklichkeit entspricht. Bei den höheren Thieren sind zwischen die reizaufnehmenden und die reagirenden Endorgane des Nervenapparates noch mehr als zwei Ganglienzellen verschiedener Funktion eingefügt. Unzählige Ganglienzellen und zahlreiche Systeme von Ganglien und Nervenfasern stehen untereinander in komplizirten Verbindungen, die — wie bereits bemerkt — fast unentwirrbar erscheinen.

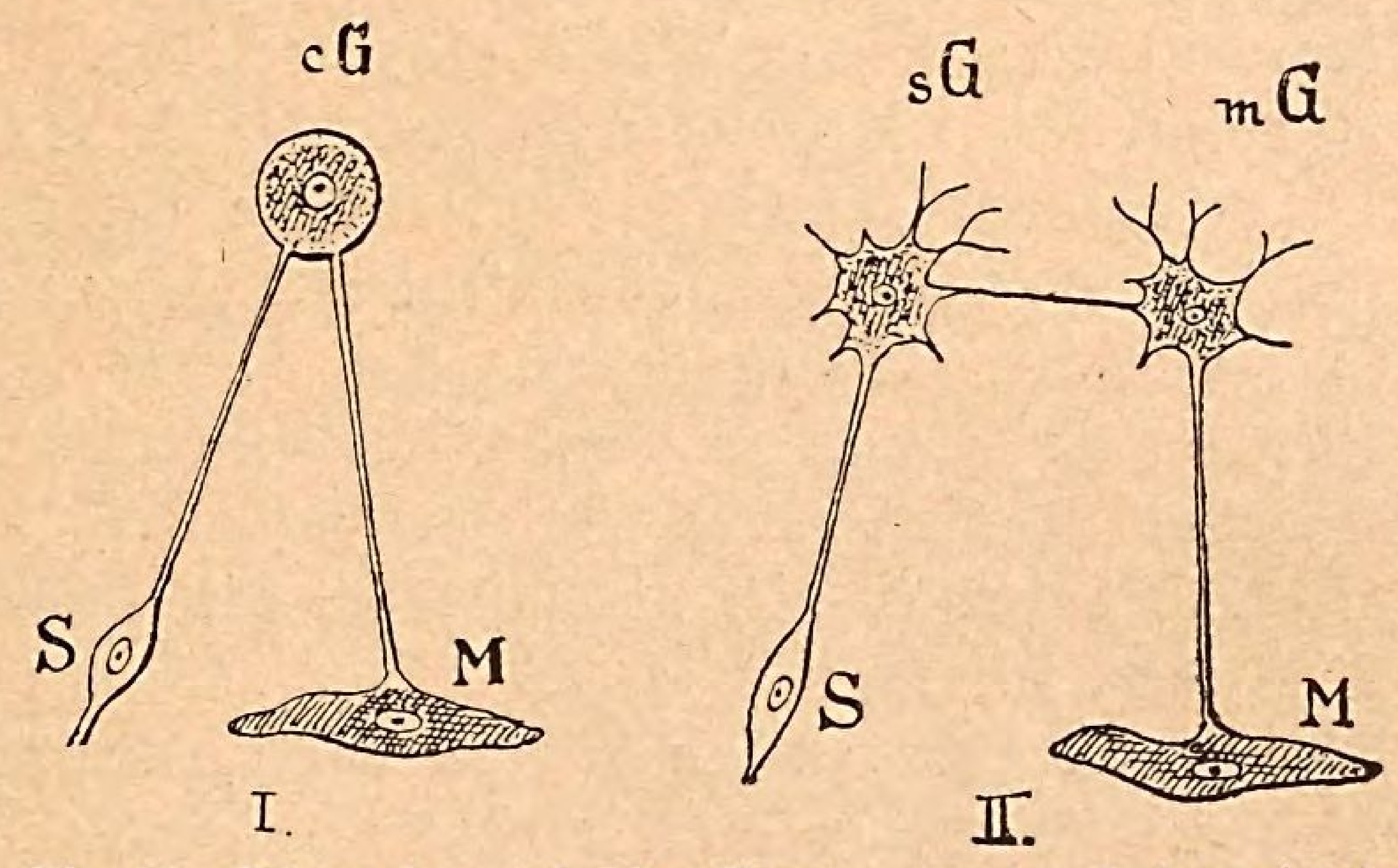


Fig. 42. Schema der einfachsten Nervenapparate: I. der wirbellosen Thiere; II. der Wirbelthiere.
S reizaufnehmende Sinneszelle. cG zentrale Ganglienzelle. sG reizempfindende Ganglienzelle. mG Bewegung anregende Ganglienzelle. M Muskelzelle.

Das Zentralorgan des ganzen, hochkomplizirten Nervensystems ist zugleich Zentralverwaltung des ganzen Zellenstaates.

Betrachten wir den vielzelligen Thierleib als eine wohlorganisirte Republik, wo jeder Bürger mithilft, die Verwaltungsorgane zu ernähren und gelegentlich wiederzuwählen oder zu verabschieden, so trifft der Vergleich auch in dem Sinne zu, als die Verwaltungsorgane (Regierung) in der Republik ebenso wenig einen „freien" Willen haben können, als ein absolut freier Wille im menschlichen oder thierischen Hirn thronen kann.

Durch die Sinnesorgane, Ernährungs- und Fortpflanzungsorgane ist der „freie“ Wille des Hirnwesens ebenso sehr „ein Spiel von jedem Druck der Luft“ (Shakespeare) als es die Quecksilbersäule im Barometer ist.

Der gesunde hungernde oder dürstende Mensch ist niemals auf die Dauer seines Willens mächtig.

Aeußere und innere Reize beherrschen die Aktionen aller lebenden Ganglienzellen. Die Reaktionen aber erfolgen stets aus Gründen äußerer und innerer Nothwendigkeiten. Jedes höhere Thier und jeder Mensch handelt stets nach Maßgabe der Reaktionsfähigkeit seiner Ganglienzellen. **Die Naturnothwendigkeit schließt die absolute Freiheit des Willens aus.**

Vierter Unterschied: Die höhere **Pflanze** ist stark in die Fläche und den Raum entwickelt: ihre Organe sind möglichst weit in die Außenwelt ausgeladen. Das höhere **Thier** dagegen entwickelt seine Organe in möglichst engem Raum; sein spezifischer Charakter ist die innere Weiterentwicklung.

Wir haben es hier vorläufig mit der Darstellung unleugbarer Thatsachen zu thun:

Im Vergleich zu den höchst entwickelten Thieren erscheinen die höheren **Pflanzen** als riesenhafte Organismen.

Der Fieberheilbaum (Eucalyptus amygdalina) erreicht eine Höhe von 140—152 Metern, der Mammuthbaum Kaliforniens führt seinen lebendigen Gipfel über 142 Meter, also gegen 500 Fuß über den Wurzelstock in die Bergluft empor. Unsere Weißtanne wird 75 Meter hoch, die Fichte 60 Meter, die Rothbuche 44 Meter (146 Fuß), die Wintereiche 35 Meter.

Welche Dimensionen im Durchmesser diverser Baumstämme! Der echte Kastanienbaum (Castanea vesca) erreicht einen Stammdurchmesser von 20 Meter, die mexikanische Sumpfcypresse 16½ Meter, die Platane 15½ Meter, der Mammuthbaum 11 Meter, die Sommerlinde 9 Meter, die Wintereiche 4⅕ Meter, die Weißtanne 3 Meter, die Rothbuche 2 Meter, die gemeine Föhre 1 Meter.

Diese Zahlen beziehen sich aber erst nur auf das Stammgerüste, das Gerippe des Baumes über der Erde.

Welche Dimensionen ergeben sich erst in der Flächenausdehnung des grünen Laubwerkes, in dessen Schatten sich die Volksstämme, die Thalbewohner versammelten, um — Tausende von Männern im Schutze eines einzigen Baumes — Recht zu

sprechen, Gesetze zu berathen und über Krieg und Frieden zu rathschlagen!

Und wenn wir erst noch das Wurzelsystem solcher Pflanzenriesen in Betracht ziehen, so wächst vor unserem geistigen Auge das eine, stille Pflanzenindividuum zu einer überwältigenden Größe heran, die uns begreiflich macht, daß vor Zeiten der Mensch auf den Einfall gerieth, hinter der mächtigen Gestalt des lebendigen Baumes eine allmächtige Gottheit zu suchen. Auch der Kulturmensch unserer Tage vermag sich im schattig düstern Hochwald dem Eindruck einer imponirenden Uebermacht nicht völlig zu entziehen. Streicht erst noch der Wind durch die grünen Laubkronen und zischt sein Hauch im Nadelwerk, so erscheint uns der schwankende Waldbaum erst recht wie ein übermächtiges Wesen, vor dem das Bewußtsein eigener Kraft weichen muß.

Aehnlich wie mit diesen Pflanzenriesen verhält es sich auch mit den übrigen höheren Gewächsen. Ueberall tritt uns bei den vielzelligen grünen Pflanzen die Tendenz entgegen, aus dem Baumaterial der lebendigen Substanz möglichst stark nach Außen entwickelte Organe hervorgehen zu lassen.

Im reifen Samen ist der Baum als Embryo, als Keim, schon vorhanden und auf den engsten Raum zusammengedrängt, so wie im menschlichen Embryo — so lange er im Mutterleib liegt — der Mensch in engster Ausdehnung schon vorhanden ist.

Beim Keimen des Pflanzensamens erstarkt das junge Wesen in demselben Maße, wie es seine Hauptorgane: Wurzel, Stamm und Blätter im Raume mehr und mehr ausdehnt. Selbständig wird die ergrünende Keimpflanze erst dann, wenn der Keim seine Oberfläche an Wurzeln und Blättern **vervielfacht** hat.

Ganz anders beim jungen Thier. Wohl wächst es nach seiner Geburt ebenfalls weiter: aber das Verhältniß ist hier ein ganz anderes als bei der Pflanze.

Beim Thier ist die Ausgestaltung der vielerlei **inneren** Organe die Hauptsache.

Bei möglichst weitgehender **Oekonomisirung** der Körpermasse wird die innere Gliederung auf möglichst engem Raume weitergeführt.

Diese Gegensätze zwischen höheren Pflanzen und höheren Thieren ergeben sich als nothwendige Folgen der verschiedenen Ernährungsweise: Die Pflanze bedarf zu ihrer Ernährung der

mineralischen Substanzen in Atmosphäre und Erdboden: sie bedarf zur Verarbeitung dieser mineralischen Substanzen, dieser rohen Nährstoffe, der Mitwirkung des Sonnenlichtes. Jede typische, d. h. grüne Pflanze würde im Finstern schließlich zu Grunde gehen.

Diese Abhängigkeit der Pflanzen vom Licht ist die Ursache der exzessiven Flächenentwicklung nach Außen.

Umgekehrt beim Thier, wie wir im folgenden Kapitel sehen werden.

X.

Die Unterschiede in der Ernährungsweise von Pflanze und Thier.

Unterschiede in der Ernährungsweise von Pflanze und Thier. — Die Assimilation der grünen Pflanzentheile. Die Sonne ist die Kraftquelle alles Lebens auf unserem Planeten. Das grüne Protoplasma als chemisches Laboratorium. Die Assimilationsformel. Sauerstoffabscheidung beim Assimiliren. Der Kreislauf des Kohlenstoffs in der Natur. Die grüne Pflanzenzelle einstweilen das billigst arbeitende chemische Laboratorium zur Herstellung von Zucker, Stärkemehl und anderen Kohlenstoffverbindungen. Die Baumaterialien des pflanzlichen Protoplasmas. Die Baustoffe des thierischen Protoplasmas stammen aus der Pflanzenwelt. Die Ernährungsweise und Ernährungsvorgänge in der Thierwelt. Der Magensaft und sein Vermögen, sogar die eigenen Magenwände aufzulösen. Ein Argument gegen die sogenannte Lebenskraft. Der Schenkel eines lebenden Frosches vom Magensaft eines lebenden Hundes verdaut. (Das „Lebensprinzip" schützt den Froschschenkel nicht vor dem Verdaut-Werden). Die Ernährungsweise der verschiedenen Thierzellen eine verschiedene. Farblose Blutzellen als fressende Zellen. Zusammenfassung der Gegensätze in der Ernährungsweise von Thier und Pflanze.

Ein hungernder Löwe verschlingt innerhalb weniger Minuten die Tagesarbeit der Sonnenstrahlen, welche vom Morgen bis zum Abend in den grünen Pflanzen auf der Fläche von 1000 Quadratmetern thätig gewesen sind. — 1000 Quadratmeter grüner Pflanzendecke schaffen circa 9 Kilo organischer Substanz per zehnstündigem Arbeitstag.

Das junge Lamm, ein pflanzenfressendes Thier, baut seinen Leib zumeist aus Nährstoffen auf, die es der Pflanzenwelt entnimmt. Wird dieses Lamm vom hungrigen Löwen als Frühstück benützt, so sättigt sich das Raubthier an Stoffen, die allerdings thierischer Herkunft, in letzter Instanz aber auf die Arbeit der Pflanzenwelt zurückzuführen sind.

Der Löwe ernährt sich direkt aus thierischen, indirekt aber doch aus organischen Stoffen des Pflanzenreiches.

Alle Thiere — mit Einschluß des Menschen — sowie alle nichtgrünen höheren Pflanzen ernähren sich auf Kosten organischer Substanzen des Pflanzenreiches. Die Existenz der höheren Lebewesen ist daher direkt oder indirekt abhängig von der Existenz der grünen Pflanzenwelt.

Die grüne Pflanze allein ist im Stande, aus der Kohlensäure der atmosphärischen Luft ihren Kohlenstoffbedarf

zu decken, indem sie den in der Kohlensäure enthaltenen Sauerstoff von dem mit diesem chemisch verbundenen Kohlenstoff abspaltet und wieder freimacht, während sie den Kohlenstoff mit den Elementen des Wassers verbindet und aus unorganischen Stoffen komplizirte organische Verbindungen, in erster Linie sogenannte **Kohlenhydrate** schafft.

Man nennt diesen wichtigsten aller Lebensvorgänge auf unserem Planeten die Assimilation im engeren Sinne.

Dieser Vorgang, auf dem im Grunde alles Leben der höheren Pflanzen und Thiere beruht, wird von drei Momenten bedingt:

Erstens von der Gegenwart des grünen Farbstoffes der Laubblätter, des sogenannten Chlorophylls, welcher dem lebenden Plasma die Fähigkeit verleiht, mit Hilfe der Lichtstrahlen des direkten Sonnenlichtes oder des zerstreuten Tageslichtes die Kohlensäure zu zerlegen und den freiwerdenden Kohlenstoff mit den Elementen des Wassers zu verbinden.

Zweitens durch die Gegenwart von Kohlensäure und Wasser, als den unbedingt nothwendigen Mineralstoffen zur Bildung der im grünen Plasma entstehenden Kohlenhydrate.

Drittens wird die Assimilation bedingt durch eine genügende Lichtquelle, in der freien Natur durch direktes oder zerstreutes Sonnenlicht. Nur die lebhafte Wellenbewegung gewisser Lichtstrahlen des weißen Sonnenlichtes vermag das grüne Protoplasma einer lebenden Pflanzenzelle in eine derartige innere Bewegung zu versetzen, daß jener chemische Vorgang stattfindet.

Die Sonne ist die erste Kraftquelle alles Lebens auf unserer Erde.

Nur bei den niedrigsten grünen Pflanzen, bei den sogenannten Spaltalgen, ist der grüne Farbstoff des Chlorophylls allem Anschein nach auf das gesammte Zellenplasma mit Ausschluß des Zellkernes gleichmäßig vertheilt.

Bei den höheren Pflanzen dagegen ist der grüne Farbstoff nicht nur blos auf gewisse Zellen vertheilt, während andere Zellen derselben Pflanze nur farbloses Plasma besitzen, sondern der Chlorophyllfarbstoff ist auch in jenen assimilirenden Zellen nur an gewisse Plasmakörper gebunden, die allein grün gefärbt erscheinen, indeß das übrige lebendige Protoplasma, sowie auch der Zellkern farblos erscheinen.

Bei allen Blüthenpflanzen erscheinen die grüngefärbten Plasmakörper als linsenförmige oder kugelige oder ovoide Körner, die im nichtgefärbten gewöhnlichen Zellenplasma eingebettet, also zumeist der Innenseite der Zellhaut angelagert sind.

Jedes Chlorophyllkorn — vom lebendigen farblosen Wandplasma rings umgeben — erweist sich als ein mikroskopisch kleines chemisches Laboratorium, welches unter Verwendung des Sonnenlichtes auf die denkbar billigste Weise Zucker oder Stärkemehl (Amylum) oder eine verwandte Substanz aus Kohlensäure und Wasser herzustellen vermag und in der lebendigen Zelle bei gewöhnlicher Sommertagstemperatur vom frühen Sonnenaufgang bis zum späten Sonnenuntergang im Betriebe steht.

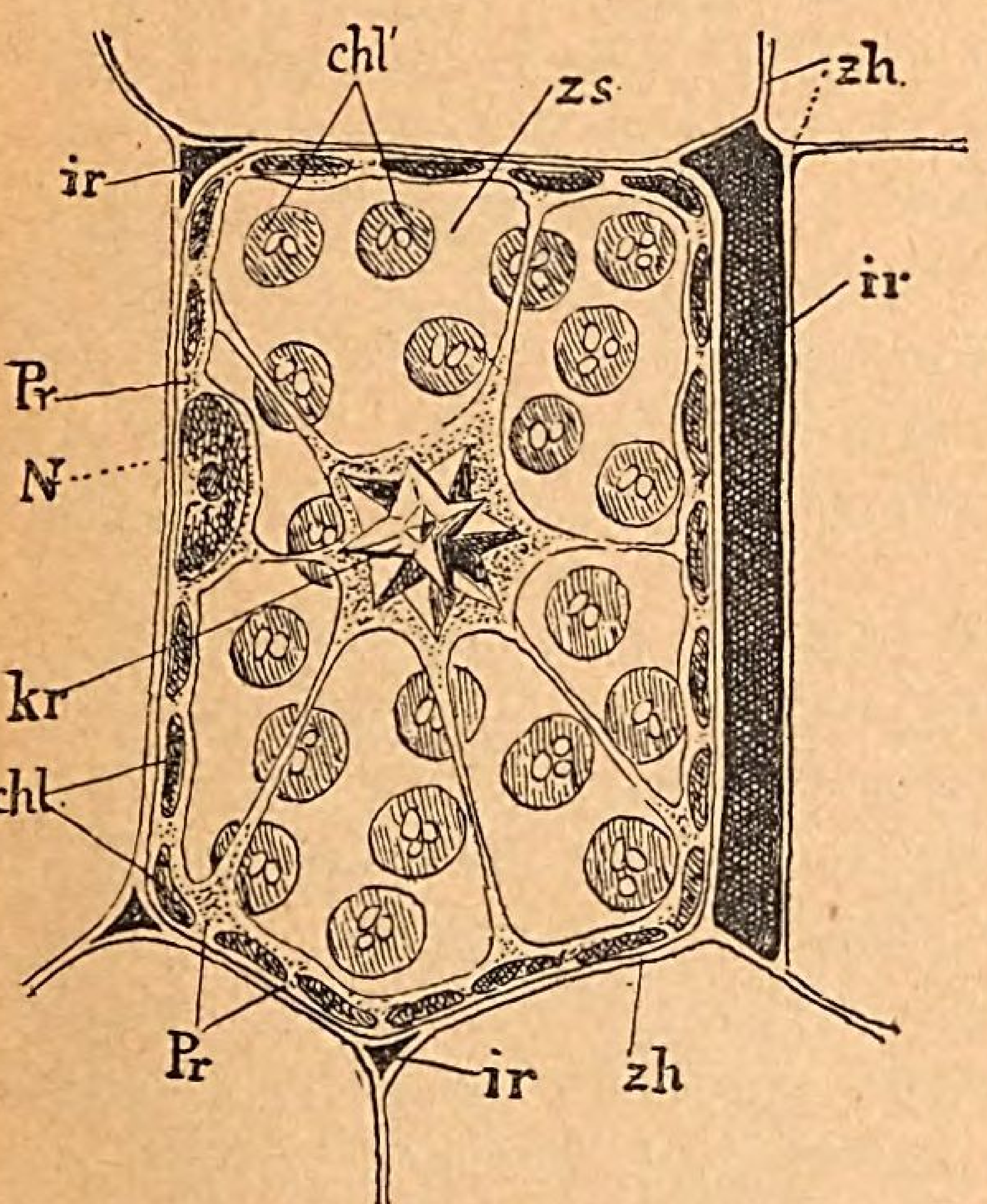


Fig. 43. Eine lebendige Pflanzenzelle aus dem grünen Laubblatt einer höheren Pflanze. zh Zellhaut, Pr lebendiges farbloses Wandplasma, chl grüne Chlorophyllkörner von der Seite gesehen, chl' Chlorophyllkörner von der Breitseite, Am Stärkekörner, die in den grünen Chlorophyllkörnern entstanden sind, N Zellkern, ir luftführende Zwischenzellräume, kr Krystalldruse.

Die Anzahl dieser stärkemehlbildenden Chlorophyllkörner in einem einzigen grünen Laubblatt der Kartoffelstaude beläuft sich auf Hunderte von Millionen und jedes dieser kleinsten Laboratorien schafft um so energischer, je heller der sonnige Sommertag und je höher die Temperatur der Atmosphäre. Die Einzelheiten der chemischen Vorgänge bei der Assimilation der grünen Laubblätter sind dem Physiologen noch nicht bekannt. Wir wissen wohl, daß die gleiche Volummenge Sauerstoff abgeschieden wird, wie Kohlensäure zur Verwendung gelangt und wir kennen die prozentische Zusammensetzung des Stärkemehls, welches bei der Assimilation aus Wasser und Kohlensäure gebildet wird nach der Formel:

$$\underbrace{6\ CO_2}_{\text{6 Molek. Kohlensäure}} + \underbrace{5\ H_2O}_{\text{5 Molek. Wasser}} = \underbrace{C_6H_{10}O_5}_{\text{1 Molek. Stärke}} + \underbrace{6\ .\ O_2}_{\text{6 Molek. Sauerstoff frei.}}$$

Aber wir haben noch keine befriedigende Einsicht in die Aufeinanderfolge der fortwährend sich wiederholenden chemischen Aktionen, bei denen aus so einfachen Stoffen, wie Kohlensäure und Wasser sie darstellen, Substanzen entstehen von der Zusammensetzung des Stärkemehles und des Zuckers, von denen die Chemiker annehmen, daß der molekulare Aufbau viel komplizirter sei als die prozentische Zusammensetzung und die daraus abgeleitete einfachste Formel ahnen lassen.

Für den Physiologen ist dennoch kein Grund vorhanden, in dem Assimilationsprozeß der grünen Pflanzentheile etwas Geheimnißvoll-Unverständliches, etwa gar den Ausdruck einer mysteriösen Lebenskraft zu sehen. Im Gegentheil haben wir allen Grund zu der Annahme, daß der Assimilationsprozeß nichts anderes ist als eine Reihe rein chemischer Vorgänge, wie es denn ja auch dem Chemiker Emil Fischer gelungen ist, im chemischen Laboratorium diverse Zuckerarten aus **unorganischen** Substanzen herzustellen.

Sicher bleibt das Thatsächliche: es wird Kohlensäure gespalten in Kohlenstoff und Sauerstoff, wozu nach Ansicht der Chemiker und Physiker viel lebendige Kraft nöthig ist. Woher diese Kraft kommt, ist genau ermittelt: es ist die Wellenbewegung der gelben und rothen Strahlen weißen Sonnenlichtes.

Woher aber die zur Assimilation nothwendige Kohlensäure? Bei den im Wasser untergetauchten grünen Pflanzentheilen beziehen die assimilirenden Zellen die nothwendige Kohlensäure aus dem Wasser, welches in der Regel ebensowohl als die atmosphärische Luft Kohlensäure in geringer Menge enthält.

Luftumspülte grüne Organe nehmen dagegen die nöthige Kohlensäure aus der atmosphärischen Luft, welche durch Tausend und Millionen kleinster Oeffnungen, durch die sogenannten Spaltöffnungen in das Innere der lebendigen Blattgewebe einzudringen und die allseitig mit einer Haut abgegrenzten grünen Pflanzenzellen zu umspülen Gelegenheit hat.

Experimentell ist bewiesen, daß die gasförmige Kohlensäure im Stande ist, durch die Zellhaut hindurch von Außen her in das lebendige Protoplasma der grünen Pflanzenzelle einzudringen. Durch Experimente ist ferner bewiesen, daß in demselben Maße, wie Kohlensäure in grünen Zellen zerlegt wird, auch freier Sauerstoff aus der Zelle abgegeben wird.

Figur 44 zeigt uns einen einfachen Apparat, welcher uns den Vorgang des Freiwerdens von Sauerstoff aus grünen Pflanzentheilen veranschaulicht.

Eine gesunde Wasserpflanze mit grünen Blättern und Stengeln findet sich in dem mit Wasser beinahe angefüllten Glaszylinder, in dessen oberstem Theil ein Trichter mit Schließhahn so eingefügt ist, daß er — mit seinem weiten Randtheil unter den Wasserspiegel reicht und mit Wasser so lange angefüllt bleibt, bis aufsteigende Luftblasen aus dem größeren Gefäß das Wasser im engeren Trichtertheil nach und nach verdrängen.

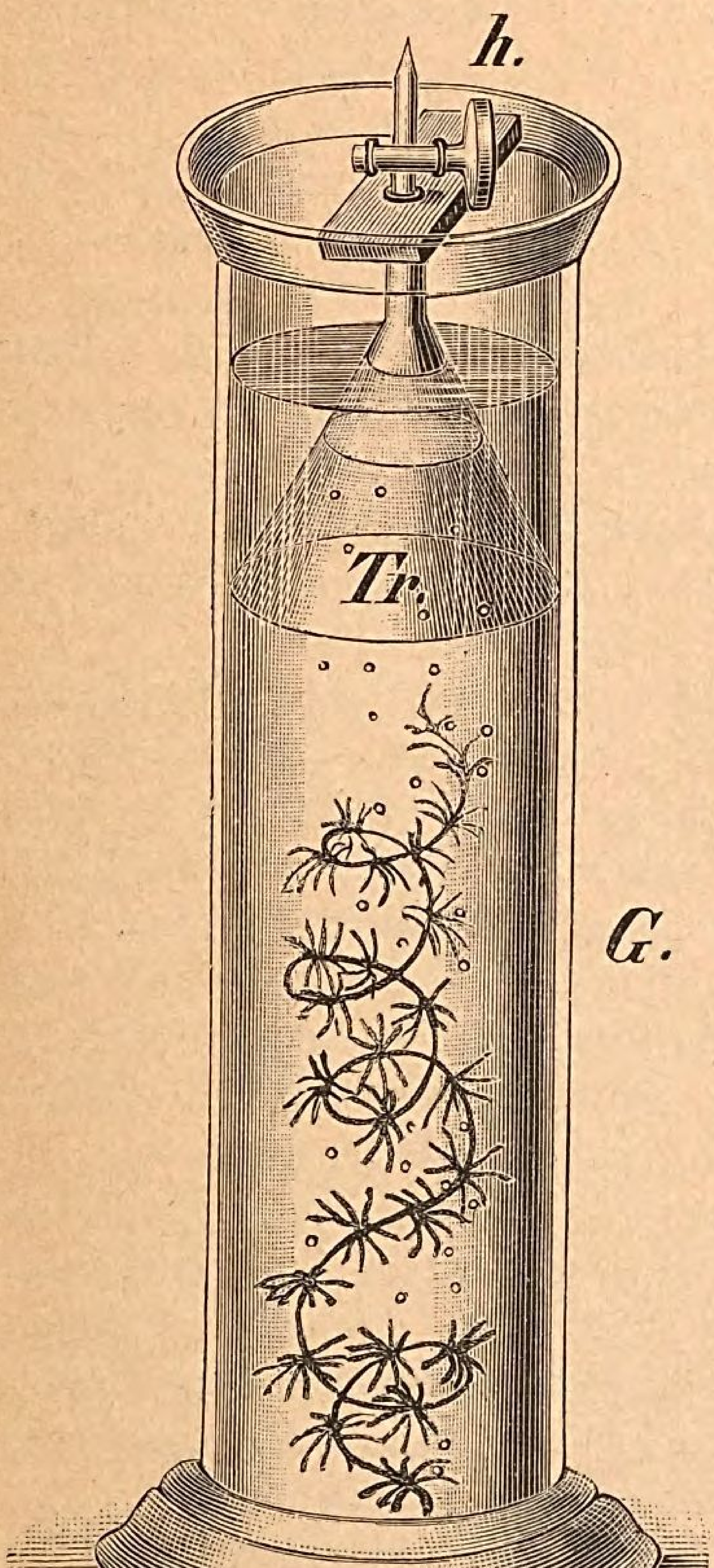


Fig. 44. In einem durchsichtigen Glaszylinder, zum größten Theil mit Wasser gefüllt, assimilirt eine untergetauchte Wasserpflanze am Sonnenlicht. Die freiwerdenden Sauerstoffmengen steigen in Gestalt von Luftblasen in den umgekehrten Trichter und sammeln sich dort an.

Werden an den Stengeltheilen der unter Wasser liegenden lebenden Pflanze einige Verletzungen angebracht, so können allfällig im Innern der Pflanzengewebe entstehende Gase durch diese Wunden leicht austreten. Lassen wir den ganzen Apparat im Dunkeln stehen, so bleibt der mit Wasser gefüllte umgestülpte Trichter unverändert bis hinauf zum geschlossenen Hahn nach wie vor mit Wasser angefüllt. Sobald wir aber den Apparat an die Sonne stellen, beginnt auch gleich die Assimilation in den grünen Geweben der lebendigen Pflanze: in kurzer Zeit steigen aus

den verletzten Stengeltheilen Luftblasen empor, die nun im Trichter gefangen und in größerer Menge angesammelt werden. Die Pflanze giebt fortwährend Luftblasen ab, so lange der Apparat im Sonnenlicht steht. Ist eine genügende Menge des abgeschiedenen Gases im Trichter gesammelt, so genügt es, nachdem der Trichter noch ein Stück tiefer ins Wassergefäß niedergedrückt worden, einen glimmenden Holzspahn in die Nähe der Trichteröffnung zu bringen und den Hahn zu öffnen: der glimmende Spahn beginnt sofort in heller Flamme zu brennen, wodurch der Beweis erbracht ist, daß jene während der Assimilation im Sonnenlicht abgeschiedene Gasart wirklich Sauerstoff ist.

Wenn wir dem Wasser, in welchem sich lebende grüne Pflanzen befinden, die zur Assimilation nothwendige Kohlensäure entziehen, so können die Pflanzen nicht weiter assimiliren.

Ebenso verhält es sich mit den grünen Pflanzen, die wir in eine kohlensäurefreie Atmosphäre verbringen, wo die Assimilation alsbald aufhört.

Die **Menge der Kohlensäure**, welche den lebenden Pflanzen zur Verfügung gestellt ist, erscheint auf den ersten Blick klein, denn die atmosphärische Luft enthält in 10 000 Litern nur etwa 4—5 Liter Kohlensäure mit einem Gewicht von ca. 8—10 Gramm. Auf 1 Kubikmeter atmosphärischer Luft kommt also im Durchschnitt ca. $^4/_5$ bis 1 Gramm Kohlensäure. (Ein gesundes Schlafzimmer sollte — für zwei Menschen berechnet — 100 Kubikmeter Luftraum fassen. In diesem Schlafraum finden sich am Abend nach gehöriger Durchlüftung also ca. 100 Gramm Kohlensäure. Da jeder erwachsene Mensch täglich etwa 900 Gramm Kohlensäure ausathmet, so wird dasselbe Schlafzimmer am Morgen nach der Nacht, wo zwei erwachsene Menschen bei geschlossenen Fenstern und Thüren ca. 8 Stunden sich aufgehalten haben, ca. 600 Gramm Kohlensäure mehr enthalten als am Abend vorher, im Ganzen also den siebenfachen Betrag des Kohlensäuregehaltes der freien Luft.)

Nun beträgt aber der ganze Kohlensäurevorrath unserer Atmosphäre, die ja als Luftmeer unseren Erdball einhüllt, beiläufig 3000 Billionen Kilos (1 Billion = 1 000 000 $\times$ 1 000 000), die fortwährend als leichtbewegliches und sehr verdünntes Gas in dem Gemisch unserer Atmosphäre mehr oder weniger gleichmäßig vertheilt bleiben trotz des steten Verbrauches an den einen Orten und steter Neuerzeugung an anderen Stellen unserer Erdoberfläche.

Dieser ungeheure Vorrath von Kohlensäure erweist sich als anscheinend unerschöpfliche Kohlenstoff-Quelle, aus welcher die Pflanzen unmittelbar im Sonnenlicht trinken und assimilirend alle jene Stoffe erzeugen, deren die Thierwelt mit Einschluß des Menschen zu ihrer Existenz bedarf.

Da die Außenatmosphäre durch unzählige Spaltöffnungen ins Innere der lebenden, grünen Pflanzengewebe eindringen und in den Zwischenräumen der vielen assimilirenden Zellen sich ungehemmt und gleichmäßig vertheilen kann, so ist die mit grünen Chlorophyllkörnern ausgestattete lebendige Zelle im Innern des Laubblattes stets von atmosphärischer Luft und geringen Mengen von Kohlensäure umspült.

Freilich ist nun die lebendige Substanz der Zelle ringsum „luftdicht" nach Außen abgeschlossen durch die feste, glashelle Zellmembran. Allein diese Zellhaut läßt den Sauerstoff der atmosphärischen Luft und die zur Assimilation nothwendige Kohlensäure mit derselben Leichtigkeit in das lebendige Zellinnere eintreten, wie sie auch die im Protoplasma entstehenden Gase nach Außen treten läßt.

Die Organisation der grünen Pflanzengewebe ist also derart eingerichtet, daß zwischen äußerer Atmosphäre einerseits und den lebendigen Protoplasma-Körpern im Zellinneren anderseits ein mehr oder weniger ungehemmter Austausch diverser Gase stattfinden kann.

Dies ist namentlich während der hellen Tagesstunden der Fall, wo die vielen Millionen Spaltöffnungen der grünen Pflanzentheile weiter klaffen als bei Nacht, da die Spaltöffnungen sich Abends mehr oder weniger schließen, weil während der Nacht keine Assimilation stattfindet.

Der experimentell kontrollirbare und zum Theil durch das Mikroskop wahrnehmbare Assimilations-Prozeß der grünen Pflanzenzelle ist im Wesentlichen folgender:

Die in Figur 43 als chl und chl′ bezeichneten grünen Plasmakörner erhalten von Außen her durch die Zellhaut zh und das farblose lebendige Protoplasma hindurch fortwährend die nöthige Menge Kohlensäure zugeführt. Die Aetherschwingungen des rothen und gelben Lichtes im weißen Sonnenstrahl bringen das grün gefärbte Plasma der Chlorophyllkörner in einen Bewegungszustand, der hinreicht, um die vorhandene Kohlensäure in ihre zwei Be-

standtheile: Sauerstoff und Wasserstoff zu zerlegen. Der Sauerstoff wird als frei gewordenes Gas nach Außen — zunächst durch die Zellmembran hindurch in die Zwischenzellräume (ir ir in Figur 43) und von hier durch die Spaltöffnungen aus den grünen Pflanzengeweben an die atmosphärische Luft abgegeben, indeß der Kohlenstoff der zerlegten Kohlensäure im Momente der Abspaltung vom Sauerstoff mit den Bestandtheilen von Wasser zu einer ersten organischen Verbindung zusammentritt und die Ausgangsverbindung herstellt, von welcher aus die Bildung von zucker- oder stärkemehlartigen Substanzen erreicht wird. Nun kann zweierlei eintreten: entweder ist das Produkt der Assimilation eine im Wasser der lebendigen Zelle lösliche Substanz, die sofort — in gleichem Maße wie sie entsteht — aus den assimilirenden Zellen weggeführt und in einem anderen Theil der Pflanze verwendet oder in irgend welcher Form abgelagert wird: dann sehen wir unter dem Mikroskop in der assimilirenden Zelle keinerlei sichtbare Effekte des wichtigen Vorganges; oder aber es findet die Abführung der neuentstandenen organischen Substanz nicht in hinreichend rascher Weise statt und es werden nun die Produkte der Assimilation zum großen Theil in Gestalt von Stärkekörnern (oder auch Oeltröpfchen) an Ort und Stelle, wo die Assimilation stattfindet, das heißt in den grünen Chlorophyllkörnern selbst abgelagert; in diesem Falle sehen wir, daß im Innern der grünen Plasmakörner farblose Fremdkörper, entweder Stärkekörner oder Oeltröpfchen auftreten, welche dann meistens erst in der folgenden Nacht, wenn die Assimilation aufhört, in gelöste Substanzen verwandelt und durch die Zellmembranen hindurch in andere Zellen und andere Organe weggeführt werden.

Im letzteren Falle finden wir jeweilen am Ende des Tages die Chlorophyllkörner mit den Assimilationsprodukten des hellen Tages zum Theil angefüllt, am folgenden Frühmorgen entbehren dieselben Chlorophyllkörner meistens der fremden Einschlüsse, die über Nacht eben weggeführt wurden und Platz für die Assimilationsprodukte des kommendes Tages gemacht haben.

Der Pflanzenphysiologe Julius Sachs hat eine praktische Methode gefunden, um die Haupteffekte einer Tagesarbeit im assimilirenden Laubblatt durch Färbung der Stärkekörner mittelst Jodlösung auch dem blödesten Auge drastisch vorführen zu können:

Werden nämlich von derselben lebendigen Pflanze grüne Laubblätter zum Theil am Morgen vor Sonnenaufgang, zum Theil am

Abend vor Sonnenuntergang abgeschnitten, plötzlich getödtet und vom grünem Chlorophyllfarbstoff befreit, so färben sich die am Abend abgeschnittenen Laubblätter in Jodlösung dunkelblau wegen der unzähligen Stärkekörnchen, die sich während des Tages in den assimilirenden Chlorophyllkörnern abgelagert haben und nun Jod aufnehmen, während die am Morgen abgeschnittenen Blätter durch Jod nicht blau gefärbt werden, weil sie keine Stärkekörner enthalten.

Es ist leicht, zu berechnen, welche Menge von Stärkemehl während eines sonnigen und warmen Sommertages in den grünen Blättern der Kartoffelstaude durch die Assimilation der Chlorophyllkörner gebildet wird. Sachs hat nachgewiesen, daß ein Quadratmeter Blattfläche bei der Sonnenblume (Helianthus annuus) per Stunde circa ein Gramm Stärke bildet; das ergiebt für eine zehnstündige Assimilationsarbeit (Normalarbeitstag während der Sommermonate) per Quadratmeter grüner Blattfläche circa zehn Gramm Stärkemehl.

Nach meiner Berechnung aus dem Ernteertrag eines fruchtbaren Kleeackers ergiebt sich als Assimilationsprodukt eines Sommertages für eine Juchart Kleefeld (36 Aren) circa 72 Pfund (= 36 Kilo) Stärkemehl, per Woche also annähernd fünf Pfundzentner lufttrockener Kohlenhydrate, was mit der Sachs'schen Berechnung auffallend nahe übereinstimmt.

Es ist zu erwarten, daß es der Chemie eines Tages gelingen wird, im chemischen Laboratorium aus unorganischen Stoffen nicht allein alle in der lebendigen Natur vorkommenden Zuckerarten künstlich zu bilden, sondern auch die Substanz der Stärkekörner künstlich darzustellen aus Mineralstoffen (Kohlensäure und Wasser). Bis vor Kurzem kannte die Wissenschaft keine andere Entstehungsart von Zucker, der sich aus den Elementarstoffen des Mineralreiches aufbaut, als wie sie in der grünen, lebenden Pflanzenzelle unter der Einwirkung des Lichtes durch das lebendige Protoplasma zu Stande kommt. Allein dem obengenannten Chemiker Emil Fischer ist es seit 1890 gelungen, aus Wasser und Kohlensäure im chemischen Laboratorium verschiedene Zuckerarten künstlich herzustellen, wie sie sonst nur in lebenden Zellen zu entstehen pflegen. Seine künstliche Darstellung von leibhaftigem Frucht- und Traubenzucker ist eine jener epochemachenden Thatsachen, von denen ab die Geschichte des Naturerkennens neue Perioden des Fortschrittes datirt. Emil Fischer sagt wörtlich selbst, was vor ihm kein Chemiker mit solcher Zuversicht aus-

zusprechen wagte: „Nachdem dies erreicht ist, so kann die chemische Darstellung der übrigen komplizirten Kohlenhydrate, Stärkemehl, Zellstoff (Cellulose), Gummi, Inulin nur noch eine Frage der Zeit sein.“

Das heißt mit anderen Worten: Die Chemie ist eben jetzt so weit gediehen, daß sie aus Wasser und Kohlensäure die Hauptbestandtheile des täglichen Brotes künstlich in derselben ernährenden und schmackhaften Weise herzustellen vermögend sein wird, wie die lebendige Pflanze ausschließlich es bisher auf unserem Planeten gethan hat. Das ist ein vielversprechendes „Fin de siècle!“ Das kommende Jahrhundert wird uns künstlich produzirte Eiweisstoffe bringen.

Binnen kurzer Zeit wird also der erste Schritt gethan sein zur Lösung der Aufgabe, die Ernährung des Menschen unabhängig zu machen von der Pflanzen- und Thierwelt. Aber es läßt sich mit Sicherheit voraussagen, daß die zum ersten Mal auf künstlichem Wege durch die Chemiker darzustellende Stärke nur das Produkt mühsamer Menschen- und Maschinenarbeit, also verhältnißmäßig sehr theuer sein wird. Erst wenn sämmtliche Wasserkräfte der bewohnten Erde rationell in den Dienst der Wissenschaft und Technik gestellt sein werden, dürfte Kraft und Arbeitszeit genug vorhanden sein, um zu Zeiten von Mißernten den Ausfall an Nahrungsmitteln künstlich zu decken. Einstweilen und wohl noch für lange Zeit bleibt die grüne lebende Pflanzenzelle das am billigsten arbeitende chemische Laboratorium zur Herstellung von kohlenstoffhaltigen organischen Nährsubstanzen; denn die in der Pflanze assimilirend wirkende Kraft ist das Sonnenlicht, das billigste Kesselhaus unseres Planetensystems, das ja auch die lebendige Kraft abgiebt zum Gesammtbetrieb des Kreislaufes der Stoffe in der unorganischen Natur unserer Erde.

Aller Kohlenstoff, der in Gestalt von Steinkohlen, Anthrazit, Braunkohlen, Doplerit, Torf, Petroleum und dergleichen in der Erdrinde abgelagert und heute von Menschen ausgenützt wird, ist ebenso wohl auf die Assimilation grüner Pflanzenzellen zurückzuführen, als die ungeheuren Holzmassen, welche in der lebenden Pflanzenwelt das steife Gerüste der lebenden Pflanzensubstanzen darstellen: Produkte der lebenschaffenden und lebenunterhaltenden Sonnenkraft im pflanzlichen Protoplasma.

Das pflanzliche Protoplasma besteht aber aus **eiweißartigen** Verbindungen. Wie und wo entsteht das **Protoplasma?**

Das Protoplasma — die lebende Substanz in der Pflanzen- und Thierzelle — enthält nicht blos Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, also jene Elemente, die in Kohlensäure und Wasser enthalten sind, sondern außer diesen drei Bestandtheilen der ersten Assimilationsprodukte auch noch beträchtliche Mengen von Stickstoff (N bis 15 Prozent) und Schwefel (S), nebst geringen Mengen von Phosphor (P). Ueber die molekulare Zusammensetzung des Protoplasmas wissen wir heute noch nichts Genaues, wie bereits in einem vorhergehenden Kapitel bemerkt worden ist. Aber alle bisherigen Untersuchungsresultate weisen darauf hin, daß das Protoplasma aus einem Gemisch mehrerer Eiweißarten von großem molekularem Gewicht zusammengesetzt ist. Das einzelne Molekül dieser Eiweißarten zählt vielleicht einige tausend Atome von den fünf oder sechs Elementen: C, H, O, N, S und P (s. pag. 66). Die Chemie der Zukunft wird uns eines Tages auch die Struktur und die Entstehungsart der verschiedenen Eiweißverbindungen enthüllen und sie wird eines Tages wohl auch bei dem ersehnten Ziele anlangen, wo sie Eiweißsubstanzen künstlich herstellen wird aus rein **unorganischen** Stoffen des Mineralreiches. Dann wird der zweite und wichtigste Schritt gethan sein in der Richtung der Emanzipation des Menschengeschlechtes von allen anderen lebenden Kreaturen.

Wohl giebt es heute in der lebenden Schöpfung eine kleine Gruppe unscheinbarster Organismen, die sogenannten **Nitro-Bakterien,** welche im Stande und auch gewohnt sind, alle zur Neubildung von Protoplasma nöthigen Substanzen aus dem Mineralreich zu beziehen, ohne der Assimilationsprodukte grüner Pflanzenzellen zu bedürfen. Allein die Masse der alltäglich in den höheren Pflanzen aus den unter Mitwirkung des Sonnenlichtes gebildeten Assimilaten neu entstehenden eiweißartigen Substanzen ist eine so ungeheuer große, daß die von den Nitrobakterien in ganz anderer Weise erzeugten Albuminate dagegen verschwindend klein erscheinen und den Satz nicht umzustoßen vermögen, daß die grünen Zellen der höheren Pflanzen die **Urerzeuger** der Eiweißverbindungen sind, welche die hauptsächlichsten und nothwendigsten Baumaterialien für die verschiedenen Protoplasmen des Pflanzen- und Thierreiches darstellen.

Die hauptsächlichsten, durch die Assimilation des grünen Pflanzenplasmas entstehenden Baumaterialien sind erwiesenermaßen verschiedene Kohlenhydrate, als: Traubenzucker, Fruchtzucker, Rohrzucker &c., Stärkemehl, Inulin, Reserve-Cellulose u. dgl. Daraus werden vor der Verarbeitung zu Eiweiß immer die im Wasser löslichen Kohlenhydrate gebildet, mit welchen die Moleküle mineralischer Nährsalze von stickstoff-, schwefel- und phosphorhaltigen Verbindungen in chemischer Folge sich zu Eiweißen vereinigen können. Den Bedarf an **Stickstoff, Schwefel** und **Phosphor** deckt die eiweißbildende Pflanzenzelle nicht etwa aus der atmosphärischen Luft, sondern aus den mit dem rohen Nahrungssaft aus dem Erdboden oder Wasser kommenden Lösungen von **Kali-** und **Magnesia-**Salzen.

Allerdings enthält das bei Landpflanzen durch die Wurzeln aus der Erde aufgenommene Wasser — der sogenannte rohe Nahrungsstoff nur sehr geringe Spuren von solchen Salzlösungen.

Allein gerade dort, wo bei den Landpflanzen die Assimilation stattfindet: in den so enorm verbreiterten Laubblättern findet bei sonnigem, also der Assimilation günstigem Wetter so **ausgiebige Verdunstung** statt, daß vom Wurzelwerk her fortwährend neue Mengen von Wasser und gelösten Mineralsalzen in die oberirdischen, grünen Pflanzenorgane hinaufgeschafft werden müssen.

Eine mittelgroße Linde verdunstet an einem einzigen heißen Sommertag 160 bis 200 Liter Wasser, das durch die Wurzelthätigkeit wieder ersetzt werden muß.

Da von den grünen, transpirirenden Blättern nur **reines** Wasser, nicht aber auch Mineralsalze an die Luft abgegeben wird, so steht dem assimilirenden Protoplasma der grünen Blätter und Stengel stets die zur Eiweißbildung nothwendige Menge von Kali- und Magnesiasalzen mit Stickstoff, Schwefel und Phosphorsäure zur Disposition.

Ueber die chemischen Einzelvorgänge und die Aufeinanderfolge derselben bei der Bildung von eiweißartigen Substanzen aus Kohlehydraten und Mineralsalzlösungen entbehren wir aller genauen Einsicht. Wir werden nur auf mühsamen Umwegen dazu gelangen und müssen uns einstweilen damit begnügen, aus den Stoffwechsel-Nebenprodukten zurückzuschließen auf die Vorgänge, welche schließlich die Hauptprodukte abgeben: Zuwachs des lebendigen Porto-

plasmas und stickstoffhaltige Verbindungen eiweißartiger Natur, wie Nucleïne, Aleuron u. dgl., welche vom lebendigen Protoplasma gelegentlich als Reservestoffe z. B. in reifen Samen und Früchten in großer Menge abgelagert werden und hier für Tausende und Millionen lebender Thiere und Menschen als Nahrung zur Verfügung gestellt werden.

Aus saftigen oder trockenen Pflanzentheilen ernährt sich aber — direkt oder indirekt — die **ganze Thierwelt**, welche nicht zu assimiliren vermag.

Wie ernährt sich der Körper höherer Thiere?

Kein höheres Thier ist befähigt, sich ausschließlich aus unorganischen Stoffen zu ernähren.

Das höhere Thier ernährt sich, ähnlich wie die höheren Pilze und die farblosen Schmarotzer und Humusbewohner des Pflanzenreiches, aus schon vorhandenen, von grünen Pflanzenzellen vorgebildeten, organischen Substanzen: aus Eiweißkörpern, aus Fetten und aus Kohlehydraten, die dem Pflanzenreich entstammen.

Die Gewinnung dieser Nährstoffe und die Einverleibung derselben in den Materialbestand des lebenden Thierkörpers erfolgt in einer Reihe von Vorgängen, die bei den höheren Thieren sich solcher Art ordnen, daß auf das Essen (resp. Fressen) normalerweise die Verdauung und gleich darauf die unausgesetzte Wanderung der aufgenommenen Nahrung durch den ganzen lebenden Zellenstaat des Körpers folgt.

Durch die Verzehrung von organischen Körpern pflanzlichen (oder — bei Fleischfressern — thierischen) Ursprunges werden zunächst die Fremdsubstanzen in den Magen gebracht. Hier werden sie der Einwirkung des Magensaftes unterworfen: eiweißartige Körper und die denselben nächststehenden Leimsubstanzen der aufgenommenen Nahrung werden durch ein im Magensaft enthaltenes Ferment, durch das sogenannte Pepsin in gelöste Substanzen, in sogenannte Peptone verwandelt. Diese Peptone unterscheiden sich von den Eiweißkörpern und den Leimsubstanzen dadurch, daß sie nicht mehr gerinnen, d. h. nicht mehr in feste Form übergehen und darum befähigt sind, leicht durch die thierischen Membranen hindurchzusickern und in den geschlossenen Kreislauf des Blutes zu gelangen. Nach G. Bunge — einer Autorität auf dem Gebiete der chemischen Physiologie — sind die Eiweißkörper und die Leim-

substanzen die „einzigen Nahrungsstoffe, welche im Magensaft verändert werden.“ (Lehrb. der physiol. Chemie. 3. Aufl. pag. 141.)*

Da der Magensaft der höheren Thiere auffallenderweise eine freie Mineralsäure, beim Menschen z. B. nicht weniger als 2½ bis 4 pro mille freie Salzsäure enthält, so glaubte man lange Zeit, daß diese Mineralsäure bei der Verdauung eine hervorragende Rolle spiele. Indessen ist durch zahlreiche Untersuchungen neuestens nachgewiesen worden, daß diese freie Mineralsäure keine andere

---

* Schon oft wurde die Frage aufgeworfen, warum der Magen, der ja alles Mögliche an todten und lebendigen organischen Substanzen aufzulösen vermag, warum dieser Allerweltszerstörer nicht sich selbst verdaue?

Die Frage ist nicht so närrisch, wie sie auf den ersten Blick aussieht, auch wurde sie wissenschaftlich schon oft erörtert und die diesbezüglichen Beobachtungen haben ganz merkwürdige Ergebnisse zu Tage gefördert.

Thatsache ist, daß die Gewebe, aus denen die Magenwand besteht, aus lauter verdaulichen Stoffen aufgebaut sind, aus Eiweiß und Leimsubstanzen.

Thatsache ist ferner, daß Selbstverdauung der Magenwände alsobald eintritt, wenn das Leben erlischt. „In der menschlichen Leiche findet man häufig einen Theil der Magenschleimhaut erweicht oder aufgelöst“, namentlich in Fällen, wo gesunde, eben in der Verdauung begriffene Menschen eines plötzlichen Todes gestorben sind. Indessen schreitet die Selbstverdauung auch in diesen Fällen nur so lange vorwärts, als es die Leichentemperatur gestattet.

Thatsache ist weiterhin, daß der Magensaft eines während der Verdauung plötzlich getödteten Hundes in genügend erwärmtem Raum innerhalb weniger Stunden den eigenen Magen aufzulösen vermag, ja sogar noch benachbarte Organe — Leber und Milz — angreift.

„Warum geht diese Auflösung nicht schon im lebenden Thier vor sich?“ Diese Frage hat schon im Jahr 1772 J. Hunter aufgeworfen und dahin beantwortet, daß das „Lebensprinzip“ die Selbstverdauung verhindere.

Claude Bernard (1856) widerlegte das „Lebensprinzip“ (Lebenskraft) für diesen Spezialfall folgendermaßen: „Er brachte den Schenkel eines lebenden Frosches in die Magenfistel eines lebenden Hundes: der Schenkel wurde sehr bald verdaut, während der Frosch leben blieb. Den Froschschenkel hatte also das Lebensprinzip nicht geschützt.“

„Pary (1856) brachte das Ohr eines lebenden Kaninchens in die Magenfistel eines lebenden Hundes. Auch vom Kaninchenohr war nach einigen Stunden ein großer Theil verdaut, die Spitze gänzlich aufgelöst.“ (Bunge, Physiol. Chemie. 1894. pag. 157.)

Bedeutung hat, als daß sie das beste Mittel abgiebt, die in den Magen gelangenden, mit der Speise aufgenommenen Fäulnißpilze zu tödten oder mindestens lahmzulegen, so daß durch die Anwesenheit dieser Salzsäuremenge ein dem thierischen Organismus schädlicher Fäulnißvorgang in den Nahrungsstoffen verhindert wird.

Bekanntlich gelangt ein Theil der im Magen gelösten Nährstoffe schon von hier aus ins Blut, die anderen im Magen zur Verdauung vorbereiteten Speisen treten in den Darm über. Hier werden die Peptone von den lebendigen Zellen der Darmwand aufgenommen und in andere chemische Substanzen verwandelt, d. h. umgesetzt. Im Blute selbst finden sich beim lebenden Thier keine Peptone. Ueber die Art und Weise der Umwandlung jener Peptone in den Darmwandzellen ist man noch im Ungewissen, doch scheint sicher zu sein, daß ein großer Theil der Peptone wieder in Eiweiß zurückverwandelt wird.

Im Blutstrom, der ja von den aufgenommenen Nährstoffen fortwährend erneuert wird, finden sich bekanntlich große Mengen von Eiweißkörpern, die den vom Blut fortwährend umspülten lebenden Körperzellen in gelöster Form zur Nahrung dargeboten werden. Ein Theil dieser Eiweißkörper wird von den Körperzellen zur Vermehrung der lebenden Substanz verwendet; ein weitaus größerer Theil dieser Eiweißmassen aber wird in den lebendigen Gewebezellen gespalten und als Harnstoff, Harnsäure u. s. w. im Harn aus dem Körper abgeführt, indeß eine dritte Partie des im Blut enthaltenen Eiweißes von den lebenden Zellen als Vorrathsstoffe im Protoplasma aufgespeichert wird, um gelegentlich beim Hungern oder bei der Entwicklung der Eier wieder zur Verwendung zu gelangen.

Die anderen zwei Hauptgruppen von Nährsubstanzen — die Fette und die Kohlehydrate —, welche nebst den Eiweißkörpern in den Magen gelangt sind, erleiden hier — im Magen selbst — keine Veränderung.

Im Darm jedoch werden sie nacheinander der Einwirkung des Pankreassaftes, des Darmsaftes und der Galle ausgesetzt.

Der Pankreassaft wirkt auf alle Gruppen der Nahrungsstoffe chemisch verändernd ein: Eiweißkörper werden von ihm peptonisirt, das Stärkemehl (Brot, Mehlbrei, Knödel 2c.) wird in lösliche Kohlenhydrate (Traubenzucker) verwandelt und die im Nahrungsbrei vorhandenen Fette werden in Glycerin und Fettsäuren gespalten. Fast

in allen Thieren wirkt bei der Verdauung ein dem Pankreassaft ähnliches Sekret mit.

So sehen wir bei den höheren Thieren am Wege, den die Nahrungsstoffe von der Eintrittsstelle — dem Munde — an durch den lebenden Körper zunächst einzuschlagen haben, eine Anzahl von mechanisch und chemisch wirkenden Apparaten und Organen plazirt, die alle dazu dienen, aus den festen und flüssigen Nahrungsstoffen der Speisen und Getränke alle jene lösbaren und transportfähigen Nährstoffe herauszubekommen, die schließlich im Kreislauf des Blutes allen vom Blut umspülten Zellen zur Disposition gestellt und in den verschiedenen Organen des lebendigen Thierleibes nach Bedarf umgesetzt, umgelagert, rückgebildet und neugebildet werden, um die Baumaterialien für das Wachsthum und die Fortpflanzung, wie auch die Kraftquelle für den Gesammtbetrieb des thierischen Lebens abzugeben.

Mit den Pflanzen hat das Thier gemeinsam, daß sein Organismus freien Sauerstoff aus der Luft (oder dem Wasser) bezieht zum Aufbau der lebendigen Substanz sowohl, wie als Kraftquelle für die Hauptaktionen im Stoffwechsel des Lebens und des Zerfalls oder der **Dissimulation.**

Infolge der Gliederung des vieltausendzelligen Thierkörpers in verschiedenartige Organe mit ganz verschiedenartigen physiologischen Aufgaben mußte auch das Nahrungsbedürfniß der einzelnen Zellen und Gewebe im Thierkörper ein verschiedenartiges werden.

In der That nehmen denn auch die verschiedenen Zellen, welche unseren Leib zusammensetzen, obgleich sie von demselben Blutstrom, also von derselben flüssigen Nahrungsquelle umspült und genährt werden, jede nach ihrem Bedarf nur diejenigen Nährstoffe in sich auf, welche für die Erfüllung ihrer Spezialaufgabe tauglich sind.

Wie das einzellige Thier oder die einzellige Pflanze aus einer Menge zur Disposition gestellter Nährstoffe nur die passenden auswählt und die anderen verschmäht: gerade so verhalten sich die lebenden Einzelzellen eines höheren Thieres.

Eine Darmepithelzelle hat eine ganz andere Aufgabe als eine Ganglienzelle des Nervensystems: sie verhält sich kraft ihrer Freßaufgabe gegenüber den dargereichten Nahrungsstoffen auch anders, als die vom Blutstrom genährte Ganglienzelle.

Sommer hat gezeigt, daß bei niederen Thieren, z. B. beim Leberegel die Darmepithelzellen durch mikroskopisch wahrnehmbare

Bewegungen ganz ähnlich wie Amöben scharf abgegrenzte Körperchen ergreifen, dieselben förmlich umfließen und sich einverleiben. (Vergl. Fig. 45.)

Thanhoffer hat bei Epithelzellen des Froschdarmes eine ähnliche amöbenartige Freßbewegung der Protoplasma-Fortsätze beobachtet.

Fast wunderbar erscheint die Freßlust der farblosen Blutzellen höherer Thiere, wie sie zu Tausenden im Blut herumwandern, um gelegentlich, wenn sie auf Spaltpilze treffen, diese Feinde höherer Thierformen in ähnlicher Weise zu umfließen und zu verschlingen, wie die freilebenden Amöben im Wasser gelegentlich andere organische Körper auffressen. Diese farblosen Blutkörperchen des höheren Thierleibes funktioniren oft als Polizisten, welche frevelhafte Spaltpilze, die ins Blut gelangen, gleich standrechtlich verurtheilen, mit ihnen zu kämpfen, eventuell von den ersteren gefressen zu werden.

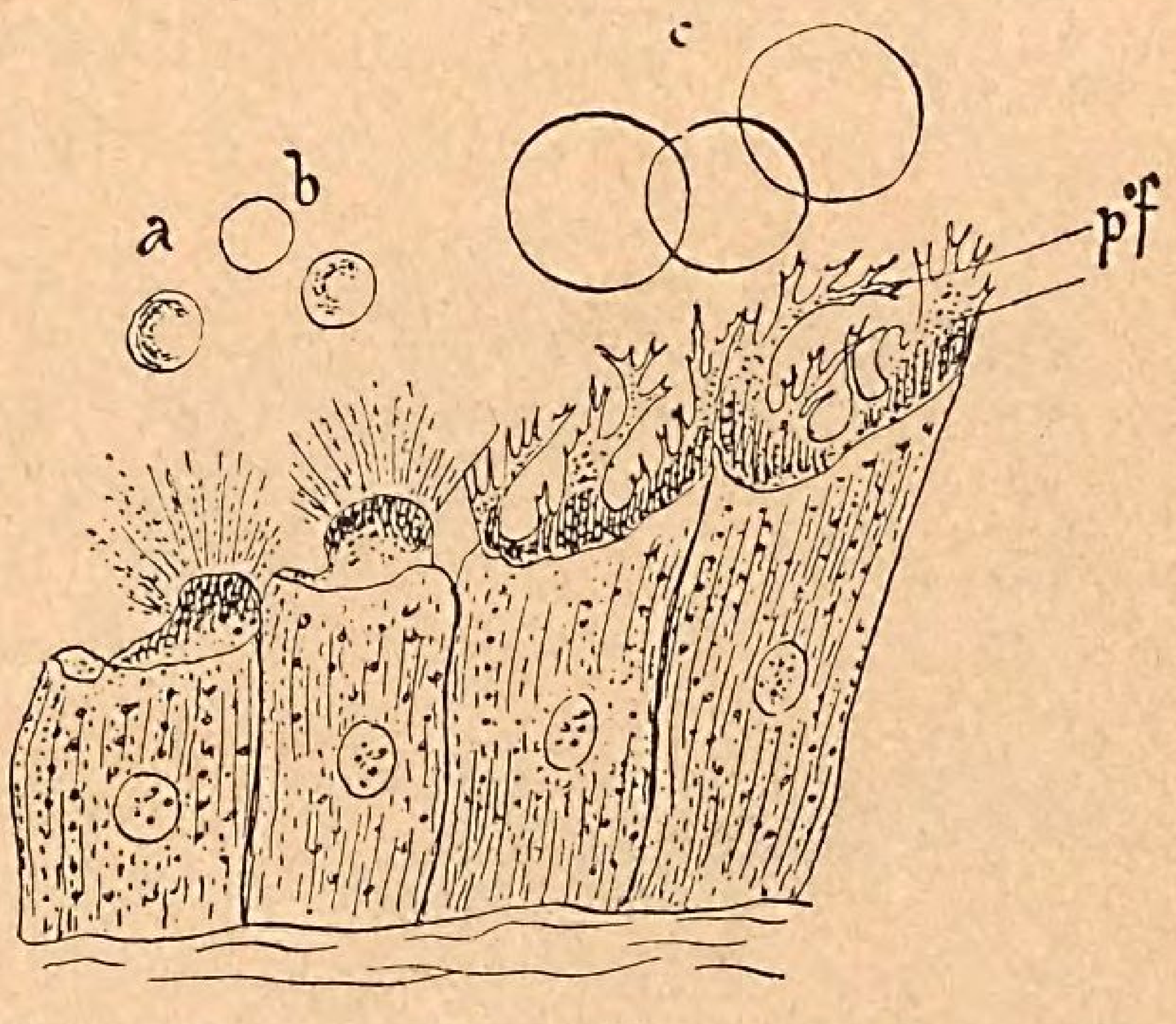


Fig. 45. Darmepithelzellen des Leberegels mit amöbenähnlichen Bewegungen der Protoplasmafortsätze zum Fressen der Blutkörperchen a und b und der Chylustropfen c. (Nach Sommer.)

Entsprechend der Aufgabe, welcher jede Einzelzelle im Gesammtorganismus des Thieres zukommt, ist das Nahrungsbedürfniß der verschiedenen Zellenarten ein verschiedenes, und verschieden wie die Nahrungsaufnahme ist auch der Stoffwechsel, bei welchem die aufgenommenen Nährstoffe umgelagert, oft auch rückgebildet werden, um sich hernach wieder neu zu bilden und schließlich doch wieder der Zerlegung anheimzufallen und in den Produkten der Zerstörung nach Außen abgeschieden zu werden.

Die Form, unter welcher die Nährstoffe vom lebendigen Plasma der Thierzellen aufgenommen werden, ist die flüssige, in Wasser gelöste. Nur in **gelöstem** Zustand können die verschiedenen Substanzen zum Lebensbetrieb der Organismen von Zelle zu Zelle wandern. Das **Wasser** ist Vehikel und Transportmittel der Stoff-

umsätze im Thierkörper ebensowohl als im Leib der Pflanzen. (Der menschliche Körper besteht aus 63 Prozent Wasser.)

Aber weil die grünen Pflanzen ihre hauptsächlichsten Nährstoffe aus der atmosphärischen Luft und dem Erdboden beziehen, sich daher stark in die Außenwelt entwickeln müssen, indeß das höhere Thier seine hauptsächlichsten Nährstoffe aus dem Schatz schon vorhandener organischer Substanzen bezieht: so ergiebt sich von selbst jener Gegensatz zwischen höherer Pflanze und höherem Thier, wonach im Leib des höheren Thieres selbst ein Vorrath von organischen Nährstoffen vorhanden sein muß, aus welchem die einzelnen Zellen ihren eigenen Bedarf zu decken Gelegenheit haben.

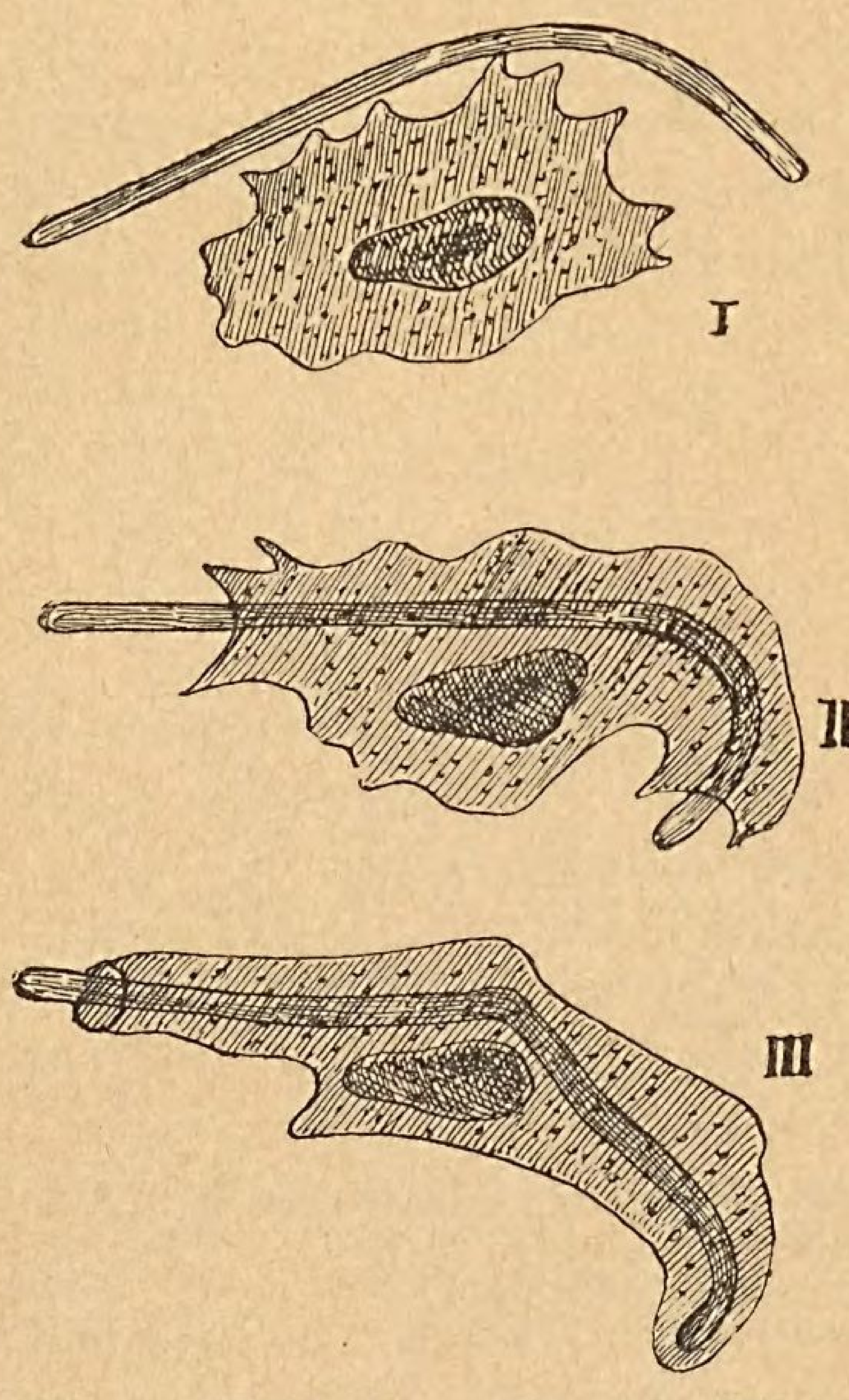


Fig. 46. Farblose, amöbenartige Blutzelle vom Frosch vor dem Fressen und während des Fressens. Das stäbchenartige Gebilde, welches in den Leib der teigartigen halbflüssigen Plasmamasse aufgenommen wird, ist ein Spaltpilz, der bei anderen Thieren Krankheiten verursacht. (Nach Metschnikoff.)

Das Blut des lebendigen Thieres enthält unter normalen Lebens-Verhältnissen diesen Nährstoffvorrath für die einzelnen lebendigen Leibeszellen. Als Bezugsquelle der Ersatzstoffe für die aus dem Blut stetsfort abgehenden Substanzen dient der volle **Darmtrakt** im weitesten Sinne des Wortes.

Magen und Darm sind beim höheren Thier die beschränkte **Außenwelt**, von woher der ganze Zellenstaat des Thierleibes seine Nahrung bezieht. Da diese Nahrung zumeist aus schon vorgebildeten Stoffen, aus Assimilationsprodukten des Pflanzenreiches besteht, so kann es sich beim lebenden Thierkörper nur darum handeln, mit dem geringsten Aufwand von Kraft aus den dargereichten Nährmaterialien den größten Nutzen zu ziehen. So erklärt sich die feine Gliederung des thierischen

Organismus in ganz entgegengesetzter Richtung als wie bei den höheren Pflanzen: die exzessiv feine **innere** Gliederung des Thierleibes auf engstem Raum.

„Der thierische Körper wird dadurch vom umgebenden Medium mehr unabhängig; die Ernährung, welche für den Bestand des Organismus die Grundbedingung ist, erfolgt von Innen heraus. — Während bei der Pflanze eine Oberflächenentwicklung nach Außen, findet eine solche beim Thiere, den gegebenen Bedingungen gemäß, im Innern des Körpers statt. Die Differenzirung der Pflanze zeigt sich in äußerlich hervortretenden Organen, in Blättern, Zweigen, Blüthen, Ranken; die Differenzirung beim Thier erfolgt im Innern des Körpers verborgen, indem die inneren Flächen die Ausgangspunkte für die verschiedensten Organbildungen und Gewebedifferenzirungen werden." (O. Hertwig, Zeit- und Streitfragen der Biologie, pag. 107—108.)

Fassen wir die Gegensätze in der Ernährungsweise und dem aktiven Leben zwischen höheren Pflanzen und höheren Thieren in einige wenige Sätze zusammen, so ergiebt sich:

1. Die Pflanze nimmt aus der mineralischen Außenwelt als Nahrung die Rohstoffe der unorganischen Natur in ihre Zellen auf und bildet aus einfachen chemischen Substanzen komplizirte **organische** Verbindungen, welche die Baumaterialien für **alle** Zellen der höheren Pflanzen- und Thierwelt abgeben.

Das Leben der Pflanze erweist sich im Großen und Ganzen als ein **aufbauender** Vorgang.

Das Thier lebt auf Kosten der von der Pflanzenwelt aufgebauten organischen Substanzen; es **zerstört,** was jene aufgebaut hat.

2. Die Hauptthätigkeit des lebendigen **Pflanzen**körpers ist jener Vorgang, den die Chemiker einen Reduktionsprozeß nennen, wobei aus einer sauerstoffreichen Kohlenstoffverbindung unter der Einwirkung der lebendigen Kraft des Sonnenlichtes der Sauerstoff abgespalten und freigegeben wird, indeß der Kohlenstoff mit anderen unorganischen Substanzen sauerstoff**ärmere** Kohlenstoffverbindungen bildet.

Das Leben des Thieres dagegen ist im Großen und Ganzen ein Oxydations- oder Verbrennungsprozeß, wobei aus sauerstoffarmen Kohlenstoffverbindungen durch den Eintritt weiterer Sauerstoffmengen (Athmung) in den Chemismus der lebenden Sub-

stanz wieder sauerstoffreiche unorganische Substanzen entstehen, ein Vorgang, der allerdings auch in den lebenden Pflanzenzellen stets vor sich geht, aber an Ausgiebigkeit weit übertroffen wird von der Assimilationsarbeit der grünen Pflanzenplasmen.

3. Die Assimilationsthätigkeit der grünen Pflanzenwelt benöthigt der lebendigen Kraft des Sonnenlichts, die in den Produkten der Assimilation als Spannkraft gebunden und für den Lebensbetrieb der organischen Natur aufgespeichert wird.

Das lebendige **Thier** verbraucht jene in den organischen Substanzen der Pflanzenwelt gespeicherte Spannkraft und setzt sie in lebendige Kraft (Bewegung, Wärme, Elektrizität 2c.) um.

Aber es wäre ein Irrthum, wenn wir in die lebendige Thierzelle ganz andere Kräfte hineinlegen und glauben wollten, daß zwischen Thier und Pflanze schlechtweg fundamentale und prinzipielle Unterschiede existirten. Denn sie haben beide einerlei Ursprung, sie gehen im Protistenreich beide in einander über, sie athmen beide einerlei Sauerstoff und nirgends ist eine scharfe Grenze zu finden zwischen dem, was Pflanzenleben und dem, was Thierleben zu nennen ist.

XI.

Aktives und latentes Leben (Scheintod). Die Athmung im Pflanzen- und Thierkörper als Triebkraft aller Lebensvorgänge und als Zerstörer der lebendigen Substanz.

Latentes Leben (Scheintod) bei lufttrockenen Pflanzensamen, bei Thieren (Infusorien, Räderthierchen, Bärenthierchen u. dgl.). Schlummerndes Leben ganzer Pflanzen und Pflanzentheile: Wurzelstöcke, Zwiebeln. Der Tannhäuserstab. Winterschlaf der Pflanzen und mancher Thiere. Unterschied zwischen Scheintod und wirklichem Tod. Athmungsprozeß bei Pflanzen und Thieren als Charakterzug des Lebens. Athmung ist zugleich Zerstörung. La vie c'est la mort — das Leben ist zugleich Tod. Verathmung organischer Substanzen zur Gewinnung der Betriebskraft im Stoffumsatz. Kraftverschwendung beim Vergähren zuckerhaltiger Säfte in weingeisthaltige Getränke. Der Alkoholismus vom Standpunkt der Naturökonomie aus ebenso verwerflich, als vom ethischen Standpunkt aus. Ein von Alkohol berauschter Mensch erscheint dem Physiologen unter allen Umständen als Verschwender. — Athmung findet in allen lebendigen Körperzellen statt. Die Bedeutung des Blutkreislaufes und der verschiedenen Athmungsorgane. Freiwerden von Wärme beim Athmen. „Sauser im Stadium." — Verschlechterung der Luft in Schlafzimmern und anderen bewohnten Räumen. Die Hauptrolle bei allen wichtigen Lebensvorgängen spielt der Sauerstoff. Kreislauf der Kräfte im Lebensbetrieb. Zusammenfassung

Es ist eine allbekannte Thatsache, daß lufttrockene Samen nicht nur Monate lang, sondern Jahre lang ihre Keimfähigkeit beibehalten können und in dieser langen Zeit keine Spur von Leben verrathen.

Durch Experimente ist erwiesen, daß lufttrockene Samen nicht allein im luftleeren Raum, sondern auch in den verschiedenartigsten Gasen, sofern letztere gar kein Wasser enthalten, Jahre lang ihre Keimfähigkeit nicht verlieren.

Italo Giglioli brachte Pflanzensamen noch zum Keimen, welche über 16 Jahre lang **lufttrocken** in nachbenannten trockenen Gasen gelegen hatten:

In reinem Sauerstoffgas: 2 Samen von Medicago sativa (Luzerne); in reinem Stickstoff: 181 Samen; in Chlorgas und Chlorwasserstoffgas: 23 Samen; in Schwefelwasserstoffgas: 1 Same; in Arsenwasserstoffgas: 181 Samen von Meticago sativa; in Kohlenoxydgas: 224 Samen; in Stickoxydgas: 5 Samen.

Derselbe Forscher zeigte, daß lufttrockene Samen — in nachbenannte Flüssigkeiten gebracht, 16 Jahre lang ihre Keimfähigkeit beibehielten:

In absolutem, also wasserfreiem Alkohol: 40 von 60 Stück Luzernesamen; in alkoholischer konzentrirter Sublimatlösung: 16 Samen; in alkoholischer Schwefeldioxydlösung: 1 Same; in alkoholischer Schwefelwasserstofflösung: 41 Samen; in alkoholischer Stickoxydlösung: 12 Samen.

Diese Thatsachen beweisen, daß in lufttrockenen Pflanzensamen die Lebensfähigkeit auch unter den verschiedenartigsten äußeren Verhältnissen Jahre lang erhalten bleibt, sofern freies Wasser ausgeschlossen bleibt.

Die Molekular- und Micellar-Struktur der lebenden Substanz kann sonach Jahre lang unverändert, stabil bleiben, sofern das Wasser als das unbedingt erforderliche Lösungsmittel für die während des aktiven Lebens in gegenseitige Aktion tretenden Substanzen nicht vorhanden ist.

Man nennt den Zustand der lebenden Substanz, in welchem sie Jahre lang ohne die geringste Spur einer Veränderung mit Beibehaltung der Fähigkeit des Wiedererwachens verharren kann, den Zustand des latenten Lebens oder des Scheintodes, im Gegensatz zum aktiven Leben, bei welch letzterem die lebende Substanz fortwährend dem Stoff- und Kraftwechsel unterliegt.

Die Wissenschaft hat das Märchen vom Wiedererwachen des alten ägyptischen Weizens aus Mumiengräbern allerdings schon längst zurückgewiesen; aber dieselbe Wissenschaft **muß** die Möglichkeit zugeben, daß **latentes** Leben in lufttrockenen Samen und Sporen sich durch eine unbegrenzte Zeitdauer würde erhalten können, wenn die Anwesenheit und der Zutritt von Wasser ausgeschlossen blieben.

Lufttrockene Sporen verschiedener Pilze und anderer blüthenlosen Pflanzen vermögen erfahrungsgemäß ihre Keimfähigkeit ebenfalls jahrelang beizubehalten.

Aber auch in der Thierwelt begegnen wir Beispielen lange andauernden latenten Lebens sehr häufig.

Viele Infusorien sind im Stande, vollständig auszutrocknen und in mikroskopische Stäubchen zusammenzuschrumpfen, die keinerlei Lebenserscheinungen mehr zeigen und monate- oder jahrelang in diesem Scheintod verharren können, um plötzlich wieder zu aktivem Leben zu erwachen, sobald die hiefür günstigen Bedingungen wieder gegeben sind: Wasser, freier Sauerstoff und genügende Wärme.

Ein berühmt gewordenes Beispiel für die Möglichkeit eines scheintodartigen Zustandes auch bei höheren, vielzelligen Thieren giebt uns das gemeine Bärenthierchen (Macrobiotus Hufelandi) ab.

„Schabt man von einer alten Dachrinne oder von der moosbedeckten Seite alter Baumstämme etwas von der Staubkruste ab und begießt das trockene Pulver mit reinem Wasser, so kann man oft schon im Lauf einiger Stunden unter dem Mikroskop eine Anzahl von kleinen Thieren munter zwischen den Schlammtheilchen umherkriechen sehen. Es sind meistens Räderthierchen und Bärenthierchen, welche bereits mit einem Nervensystem, mit einem Verdauungsapparat u. s. w. versehen sind. (Vergl. Fig. 47 A.)

„So lange diese sonderbaren Thierformen im Wasser sind, entfalten sie sämmtliche Lebenserscheinungen in derselben Weise wie andere Thiere. Isolirt man sie aber und läßt sie auf einer Glasplatte langsam eintrocknen, so sieht man, wie ihre Bewegungen, je mehr das Wasser verdunstet, um so träger werden, bis sie schließlich, wenn der Tropfen eingetrocknet ist, ganz aufhören. Alsdann schrumpft der Körper allmälig vollkommen ein, die Haut wird runzelig und bildet Falten; die Form des Thieres verliert sich

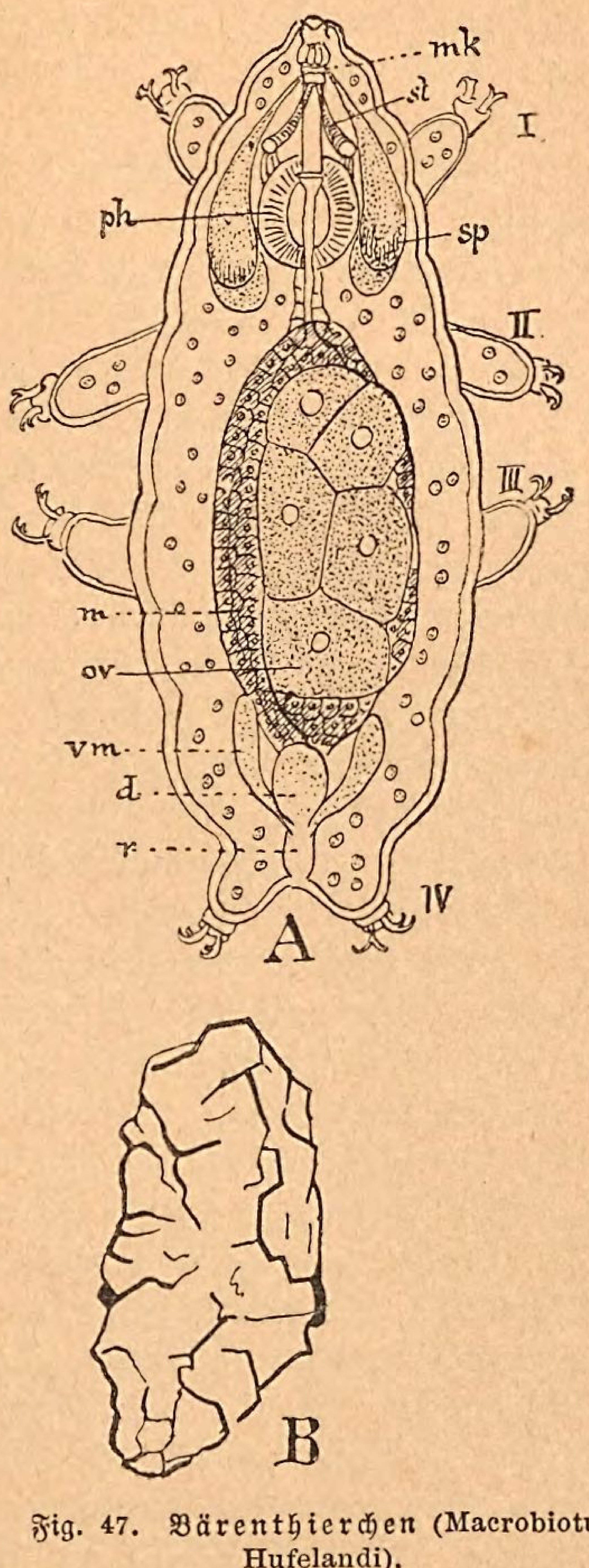


Fig. 47. Bärenthierchen (Macrobiotus Hufelandi).
A im aktiv lebenden Zustand, B im eingetrockneten Zustand, scheintodt, fähig, als trockenes Staubkorn jahrelang unverändert zu bleiben und später wieder zu neuem aktivem Leben zu erwachen.
(Nach R. Hertwig & Verworn.)

bis zur Unkenntlichkeit, und einige Zeit, nachdem es eingetrocknet ist, kann man das Thier von einem Sandkörnchen kaum noch unterscheiden. (Fig. 47 B.)

„In diesem eingetrockneten Zustande können die Thiere viele Jahre lang liegen bleiben, ohne daß sie die geringste Veränderung durchmachen.

„Benetzt man sie wieder mit Wasser, so kann man unter dem Mikroskop verfolgen, wie nach langem, tiefem Schlaf das Leben wieder in den eingetrockneten Körper zurückkehrt.

„Das Erwachen des Bärenthierchens verläuft etwa folgendermaßen: Zuerst quillt der Körper wieder auf und streckt sich; die Falten und Runzeln verschwinden langsam, die Extremitäten treten hervor, und bald hat das Thier seine normale Körperform wieder gewonnen. Anfangs bleibt es noch still liegen, aber je nach der Dauer der Trockenheit, bald schon nach einer Viertelstunde, bald erst nach mehreren Stunden treten erst langsame, träge, dann kräftigere Eigenbewegungen auf, die allmälig häufiger werden, bis nach einiger Zeit das Thier unbeholfen von dannen kriecht, um nach langem Schlafe (oder vielmehr Scheintod. A. D.) sein aktives Leben an dem Punkte wieder fortzusetzen, wo es unterbrochen worden war." (Verworn.)

Unzählige Beispiele latenten Lebens sind in der Pflanzenwelt der Kulturgewächse bekannt: Die Handelsgärtner versenden z. B. jedes Jahr eine Menge lufttrockener Wurzelstöcke von Anemonen und Ranunkeln nach allen Richtungen der Windrose, Wurzelstöcke von sonst sehr saftigen Gewächsen, die mehr als sechs Monate lang in trockenem Scheintod verharren, bis sie — in feuchte Erde gebracht — im Frühling rasch zu aktivem Leben wieder erwachen. Im Zustande latenten Lebens werden nicht nur Samen und Wurzelstöcke, sondern auch eine Menge tropischer Orchideen von Erdtheil zu Erdtheil verschickt. In einer Art scheintodtem Zustand verharren alljährlich während mehrerer Monate die Zwiebeln von Liliengewächsen und Narzissen, die sogar im Herz der Zwiebel schon die Anlagen der herrlichsten Blüthen gebildet haben, welche erst mehrere Monate in latentem Leben verharren, ehe sie sich zur vollen Pracht entfalten. Aehnlich verhält es sich mit den Rhizomen mancher Schwertliliengewächse, deren Blüthen für das nächste Jahr schon im Herbst angelegt werden und im Winter ein Scheintodleben führen.

In allen Ländern mit kaltem Winter verharren die meisten ausdauernden Pflanzen während der rauhen Jahreszeit in einem Schein-

todzustand, in latentem Leben, das nur vorübergehend bei schwankenden höheren Temperaturen etwas unterbrochen wird.

Das wunderbar erscheinende Wiederergrünen des Tannhäuserschen Pilgerstabes war auch nur ein Wiedererwachen aus latentem zu aktivem Leben.

Bekanntlich verweigerte der „heilige Vater" dem unglücklichen Tannhäuser die Absolution, als letzterer sich von der holdseligen Frau Venus und ihrem sündhaften Generalstab verabschiedete, um Buße zu thun und nach Rom zu pilgern. Nur wenn sein Wanderstab ihm in der Hand wieder ergrünen werde, möge er es als göttliches Zeichen betrachten, daß ihm auch die größte aller Sünden, die ehemalige Freundschaft mit Venus vergeben werde. Dieses „Wunder" geschah dann in der That und dem Helden Tannhäuser ist dann in letzter Stunde auch Heil widerfahren.

Das Wiederergrünen des Tannhäuserstabes war aber gar kein Wunder; ich habe dergleichen wiederholt gesehen und es ging dabei alles mit sehr natürlichen Dingen zu. Nur ein Fall sei hier in präziser Weise illustrirt. In früheren Jahren lebten im Züricher botanischen Garten ein paar Wurzelstöcke von Paulownia imperialis, jener großblättrigen Baumart, deren Blüthen zur Zeit ihrer Anthese weithin die Atmosphäre mit süßem Duft erfüllen. Jede dieser beiden Pflanzen bildete alljährlich einen riesigen Sproß, über der Erde 3, 4, 5 Meter Höhe erreichend. Jeden Herbst pflegte man diese verholzten Sprosse nach dem Laubfall ebener Erde abzuschneiden, weil man am Standort der Pflanzen keinen Baum aufkommen lassen wollte. Die abgeschnittenen entlaubten Sprosse blieben über den Winter im nichtgeheizten Treppenhaus des botanischen Museums stehen. Fast alljährlich pflegten im Mai diese anscheinend todten Stäbe grüne Seitensprosse mit schön entwickelten Blättern zu bilden, die dann aber im Verlauf von einigen Wochen verkümmerten und endlich abstarben. Ich habe in umstehender Figur einen dieser wiedererwachten Sprosse abgebildet.

I ist der untere, dickere Theil, II der dazu gehörende obere dünnere Theil. Die Länge des ganzen Sprosses betrug 388 Zentimeter, also fast 13 Fuß, der Durchmesser des Stabes an seiner Basis 5 Zentimeter. Von Unten bis Oben war der ganze Sproß mit einer braunen Korkrinde und mit zahllosen geschlossenen Korkporen bedeckt. Im Mai trieb der obere Sproßtheil, von der anständigen Dicke eines Pilger- oder Gigerl-Stabes, nicht weniger als fünf schön

belaubte, saftige Seitensprosse, von denen etliche 3—4 Blattpaare mit intensiv grünen Spreitentheilen bildeten und bis 30 Zentimeter (1 Fuß) Länge erreichten. Es muß hervorgehoben werden, daß am untern Theil des Hauptsprosses die Blattnarben des Vorjahres zu drei in gleicher Höhe standen und daß keine der drei kleinen Knospen eines solchen Quirles in einen Trieb auswuchs, während am oberen Theil des Hauptsprosses die Blattnarben nur zu zwei in gleicher

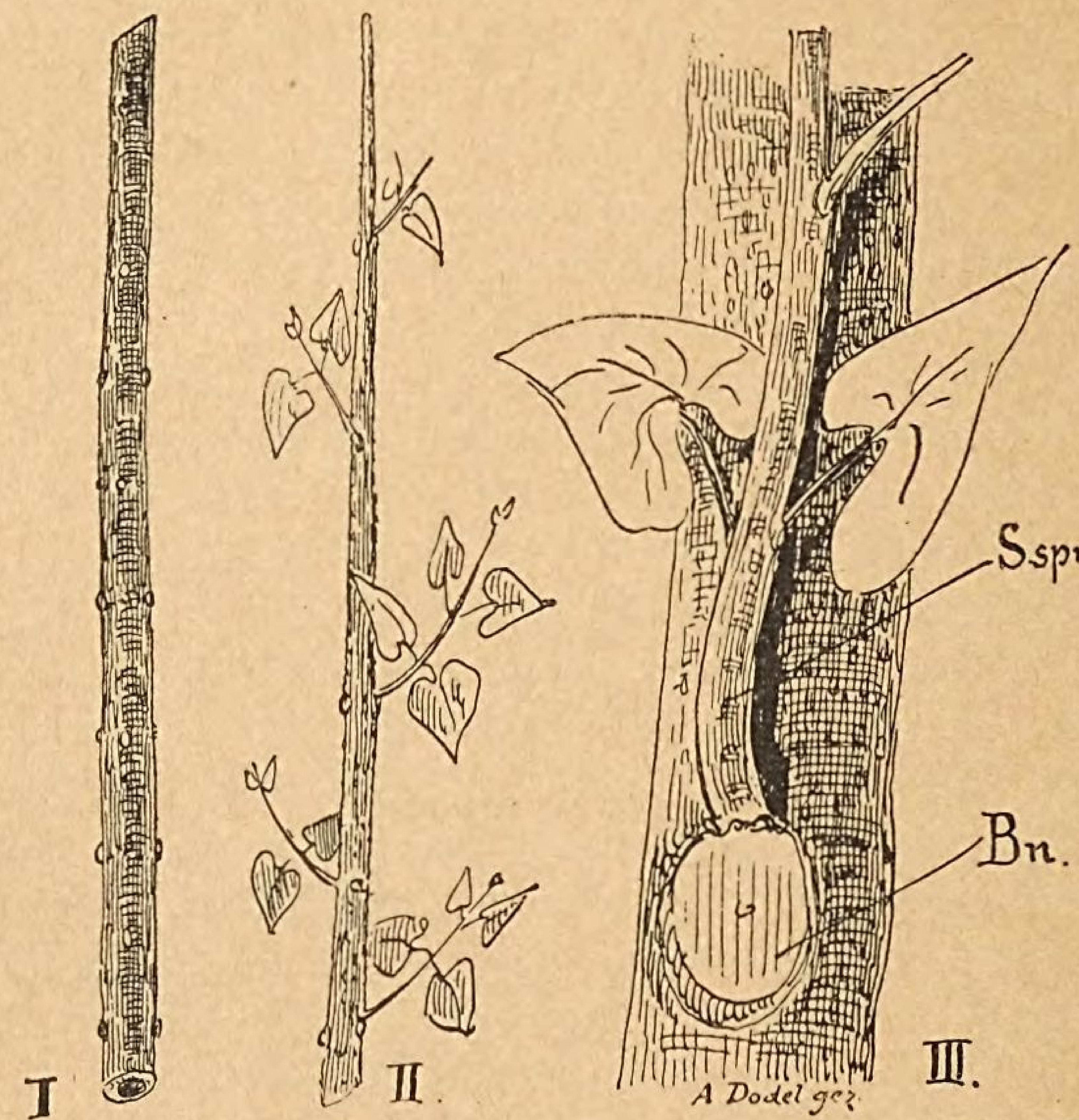


Fig. 48. Der Tannhäuserstab aus dem Scheintod erwachend. Nach der Natur gezeichnet. (Blätter schematisirt.)

Höhe standen, also opponirt waren; hier sproßten die Knospen zum Theil, indeß andere zurückblieben.

Dem Pflanzenphysiologen ist es leicht, die Erscheinung des Wiedererwachens an diesem „Tannhäuserstab" zu erklären. Der stark verholzte Hauptsproß war ringsum gegen die Außenwelt durch die Korkhülle vor dem Austrocknen geschützt und enthielt viel Reservestoffe. Das für die Winterruhe reife lebendige Gewebe im Innern dieses Stabes verharrte während der kalten Monate ganz so in latentem Leben, wie ein im Freien stehender, durch und durch ge-

frorener Waldbaum im Scheintod verharrt. Mit dem Steigen der Lufttemperatur begann dann im Frühjahr auch für den Tannhäuserstab neuerdings die chemische Aktion der saftig gebliebenen Zellen mit ihren Reservestoffen. So lange die letzteren durch das Auswachsen der Sproßknospen nicht völlig erschöpft waren, so lange konnten die neuen Organe ihrem Stoffwechsel genügen. Die grünen Laubblätter konnten sogar assimiliren, d. h. neue Stoffe aus Kohlensäure und Wasser so lange bereiten, als der Wasservorrath im verholzten Sproß vom letzten Herbste her vorhielt. Erst als dies zu mangeln begann, mußte Verwelken und schließlich der Tod eintreten, weil kein Wurzelwerk vorhanden war, um den weiteren Wasserbedarf zu decken.*

Eine unzählbare Menge von Pflanzen- und Thierformen hat die Fähigkeit, vorübergehend oder auf längerer Zeit nicht nur die Intensität aller Lebensvorgänge auf ein Minimum herabzusetzen, wie dies beim Winterschlaf der Pflanzen und mancher Thiere und beim Sommerschlaf vieler Wüstenpflanzen stattfindet, sondern **alle** Lebensfunktionen total einzustellen. Pilzsporen und Algensporen, ganze Algenhaufen und Algenindividuen (Oscillariafäden, Nostoc-Kolonien); Hunderte von Krustenflechten, Laubflechten und Strauchflechten, Hunderte von zarten Moospflänzchen, von Farnprothallien und viele größere Gefäßpflanzen können in einen total lufttrockenen Zustand übergehen, wo alle Lebenserscheinungen — Wachsthum und Fortpflanzung und jede Art von Stoffwechsel — unterbleiben, ganz wie bei den trockenen Räder- und Bärenthierchen, ohne daß die Fähigkeit des Wiedererwachens zum aktiven Leben verloren ginge.

Welches ist nun aber der Unterschied zwischen diesen **scheintodten** Wesen und den wirklich **todten** Thier- oder Pflanzenkörpern?

---

* Ganz ähnlich erklärt sich folgende Erscheinung: Im November 1895 wurde an einem großen Platanenbaum meines Privatgartens eine Anzahl dicker Aeste abgeschnitten und während der folgenden vier Monate im Freien allen Unbilden von Wind und Wetter ausgesetzt. Im März 1896 wurden mehrere dieser „todten" Aeste als Pfähle in die feuchte Erde gerammt, wo sie alsbald neue Sprosse mit Laubblättern trieben und bis heute (Juli 1896) im wieder aufgenommenen aktiven Leben verharrten.

Die **scheintodten** Wesen erwachen unter günstigen äußeren Lebensbedingungen wieder zu aktivem Leben.

Ihre inneren Lebensbedingungen sind noch alle vorhanden, nur die äußeren Lebensbedingen sind zum Theil ausgefallen: die Uhr ist aufgezogen, aber sie ist durch ein äußeres Hemmniß am Weitergehen verhindert; sobald dieses Hemmniß entfernt ist, geht die Uhr weiter.

Anders bei den **wirklich todten** Thier- und Pflanzenkörpern: Hier sind die inneren Lebensbedingungen vernichtet; die Molekular- und Micellarstruktur der einstmals lebendigen Substanz ist zerstört: das Uhrwerk ist zertrümmert, mag das Uhrgehäuse auch noch so intakt erscheinen.

Von einem Wiedererwachen des wirklich todten Pflanzen- oder Thierkörpers kann ebenso wenig die Rede sein, als die Steintrümmer eines zerfallenen Berges wieder aus dem Thal hinaufwandern werden, um sich wieder zum Gebirge zusammenzufügen aus zerbröckeltem Schutt zu imposanten Felsmassiven.

Wenn ein Organismus — Thier oder Pflanze — aus dem Zustand des **Scheintodes** wieder erwacht zum **aktiven** Leben, so manifestirt sich das letztere in allen Fällen zunächst durch die **Athmung.** Wir verstehen unter dem Athmungsprozeß jenen Vorgang, bei welchem von der lebendigen Substanz, dem lebenden Protoplasma von Außen her Sauerstoff aufgenommen wird unter gleichzeitiger Abscheidung von Kohlensäure.

Das lebendige Protoplasma aller höheren Pflanzen und Thiere hat solche Gier nach der Aufnahme von Sauerstoff, daß es denselben an sich reißt:

a. aus der freien atmosphärischen Luft, die circa 21 Volum-Prozente freien, ungebundenen Sauerstoff enthält;

b. aus dem fließenden oder stagnirenden Wasser, welches in der freien Natur stets Sauerstoff gelöst enthält. Wasserpflanzen und Wasserthiere athmen diesen im Wasser gelösten Sauerstoff;

c. aus sauerstoffhaltigen organischen Verbindungen des eigenen Pflanzen- oder Thierleibes.

Dieser letztere Vorgang, wobei zum Beispiel luftdicht abgeschlossene keimende Samen oder Kartoffeln den Sauerstoffbedarf aus dem Vorrath von Stärkemehl oder gar von sauerstoffhaltigen

Verbindungen des Protoplasmas selbst decken, wird **intramolekulare** Athmung genannt.

Bis in die Neuzeit hinein war man allgemein der Ansicht, daß nur die Thiere athmen, das heißt Sauerstoff aufnehmen und Kohlenstoff abgeben.

Erst Saussure 1822 und Dutrochet 1837 erkannten und untersuchten in wissenschaftlicher Art die Athmungsvorgänge auch bei lebenden Pflanzen.

Aber so hartnäckig blieb das alte irrige Vorurtheil, wonach nur die Thiere athmen sollen, selbst bei Männern der Wissenschaft weiter bestehen, daß **Liebig** noch im Jahr **1840** den Athmungsprozeß der Pflanzen leugnete und zwar in einem seiner berühmtesten Werke: „Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie." Liebig nannte die Lehre vom Athmen der Pflanzen einen Widersinn. Man wisse ja, daß die Pflanze gerade im Gegensatz zum Thier Kohlensäure zersetze und Sauerstoff abscheide, wodurch ja immer wieder das Gleichgewicht der verschiedenen Gase im Gemisch der Erdatmosphäre hergestellt werde.

Beide Vorgänge — meinte damals Liebig — können doch in der Pflanze nicht nebeneinander stattfinden.

Allein auch hier entschied nicht das autoritäre Wort des gelehrten Altmeisters, sondern die unermüdlich weiterschreitende empirische Forschung.

Thatsächlich verhält es sich folgendermaßen:

Alle lebendigen Zellen der höheren Pflanzen, gleichviel ob sie blos farbloses Protoplasma oder nebst farblosem Zellenplasma auch grüne Chlorophyllkörper enthalten, brauchen während ihres aktiven Lebens stets Sauerstoff — sowohl bei Tag als wie bei Nacht. Sie athmen thatsächlich ganz ähnlich wie lebendige Thierzellen, wobei Wärme frei wird und Kohlensäure an Stelle des aufgenommenen Sauerstoffes nach Außen abgegeben wird.

Dieser, bei normalen Lebenstemperaturen in allen lebenden Zellen höherer Pflanzen stattfindende Athmungsprozeß ist freilich ein — meistens nur wenig ausgiebiger Oxydationsvorgang, der in der Regel keine auffälligen Temperaturerhöhungen im Gefolge hat und darum weniger leicht wahrnehmbar ist als der Athmungsprozeß z. B. bei warmblütigen Thieren.

In den grünen Blättern findet bei Tag gleichzeitig mit der Athmung auch die Assimilation, ein Desoxydations- oder

Reduktionsprozeß statt, der meist viel ausgiebiger ist als der gleichzeitig stattfindende Athmungsvorgang.

Daher ergiebt sich bei Tag im Gasaustausch der grünen assimilirenden Pflanzenorgane ein bedeutendes Mehr von Sauerstoffabscheidung gegenüber der geringen Menge von Kohlensäure, die bei der gleichzeitigen Athmung vom lebendigen Plasma abgeschieden wird.

Dieses Verhältniß kehrt sich aber schon während der Abenddämmerung ins Gegentheil um, so daß bald nach Sonnenuntergang die Sauerstoffabgabe aus grünen Pflanzentheilen schon geringer erscheint, als die Kohlensäureproduktion in Folge des Athmens.

Während der dunkeln Nacht findet bekanntlich keine Assimilation statt; dagegen ist es ein Leichtes, den Nachweis zu erbringen, daß die Athmung jederzeit, auch in der Nacht, und zwar in allen lebenden Zellen vor sich geht.

Will man bei Tag an lebenden Pflanzen den Vorgang der Athmung experimentell zur Anschauung bringen, so benützt man am besten nichtgrüne lebende Pflanzen oder Pflanzentheile, z. B. höhere Pilze, farblose Schmarotzergewächse oder auch nichtgrüne Blüthen, lebende Wurzeln und dergleichen.

Da ist es leicht, zu ermitteln, daß solche Pflanzentheile in einem hermetisch abgeschlossenen Raum mit atmosphärischer Luft so ziemlich genau ebensoviel Volumtheile Kohlensäure abscheiden als sie Sauerstoff aufnehmen ($^1/_5$ Volum der Atmosphäre).

Während nun bekanntlich beim Assimilationsprozeß in den grünen Pflanzen bei Tag fortwährend neue organische Substanzen **gebildet** werden, so bedeutet der ununterbrochene Athmungsprozeß umgekehrt einen steten **Verlust** an organischen Substanzen; denn die bei der Athmung frei werdende Kohlensäure ist das Produkt eines Oxydations- oder Verbrennungsprozesses, bei welchem kohlenstoffhaltige organische Substanzen im lebenden Protoplasma zerstört werden.

Thatsächlich giebt es **kein aktives Leben ohne Athmung.** Thatsächlich ist aber die Athmung gleichbedeutend mit einer Zerstörung organischer Substanz. Also ist das Paradoxon buchstäblich wahr: La vie c'est la mort. Das Leben ist der Tod. (Zerstörung und Ueberführung lebendiger Substanz in den Zustand todter Stoffe.) Gleichwohl bedeutet der Athmungsvorgang für alle lebenden Kreaturen einen **reellen Vortheil** — wohl einen **Verlust an Substanz,** aber dagegen einen enormen **Gewinn** an **Kraft.**

Werden die lebenden Organismen am Athmen **verhindert**, indem man ihnen den zur Respiration nöthigen Sauerstoff vorenthält, so stellen die Organe alsbald ihre Lebensthätigkeit ein: bei den Pflanzen unterbleibt das Keimen der Samen und Sporen; das Wachsen aller Organe wird bei Sauerstoffentzug sistirt, das Wasseraufsaugungsvermögen der Wurzeln wird eingestellt, die Bewegungsfähigkeit der Einzelorgane hört auf und im vorher lebhaft strömenden Protoplasma der Einzelzellen hört alle Bewegung auf.

Kurz, bei Sauerstoffentzug hören alle Lebensvorgänge auf. Man nennt diesen Zustand Betäubung oder Asphyxie, sofern nach Wiederzutritt von Sauerstoff die Lebensfunktionen sich wieder einstellen können.

Dauert der Sauerstoffentzug, also die Unmöglichkeit des Athmens längere Zeit an, so können inzwischen durch anderweitige chemische Vorgänge im Protoplasma Störungen veranlaßt werden, welche mit der Zerstörung der Molekular- und Micellar-Struktur der lebenden Substanz endigen: dann ist eine Wiederaufnahme der Lebensfunktionen verunmöglicht; die Zellen sind todt und der Organismus eine Leiche.

Der Entzug des Sauerstoffes bedeutet also — wenn er ein dauernder ist — Tod.

So ist thatsächlich der Ausdruck **„Lebensluft"** für Sauerstoff begründet.

Die Einwirkung des Sauerstoffs, resp. die Einbeziehung des Sauerstoffes in den Chemismus des lebendigen Protoplasmas ist — wie wir eben gesehen haben — Grundbedingung der Lebensthätigkeiten.

Bei allen Oxydationsprozessen, d. h. überall dort, wo Sauerstoff chemische Verbindungen mit Elementen oder mit zusammengesetzten, sauerstofffreien oder sauerstoffärmeren Substanzen eingeht, wird bekanntlich **Wärme frei.** Wenn Kohle sich rasch mit Sauerstoff verbindet, so tritt unter großer Wärmeentwicklung sogar Lichterscheinung ein. Das Verbrennen von Holz und Kohle ist nichts anderes als ein rascher Oxydationsvorgang, wie das Rosten des Eisens nur ein langsamer Oxydationsprozeß ist, der ohne auffallende Wärmeentwicklung stattfindet, obschon die Wärmemenge bei diesem langsamen Vorgang nicht kleiner ist, als wenn ein rasch oxydirendes Metall, wie z. B. Kalium, sich beim Vereinigen mit atmosphärischem Sauerstoff oder mit dem im Wasser gebundenen Sauerstoff unter Lichterscheinungen die Verbindung eingeht.

Wärme ist aber bekanntlich lebendige Kraft und kann als solche verwandelt werden in Elektrizität, in Licht oder in mechanische Arbeit. Der Chemiker und der Physiker berechnen ganz genau, wie viel Wärme frei wird, wenn ein Kilogramm Anthrazit verbrannt, das heißt mit Sauerstoff zum größten Theil in Kohlensäure oxydirt wird.

Der Physiologe berechnet ebenso genau, wie viel lebendige Kraft frei wird, wenn in einem lebendigen Organismus ein Kilogramm Zucker oxydirt oder wenn in einem weintrunkenen Menschen $^1/_{10}$ Liter Alkohol verathmet wird. Derselbe Physiologe beweist mit Wage und Gewicht und Thermometer, daß in einem Kilogramm Zucker sehr viel mehr Spannkraft enthalten ist, als in derjenigen Menge von Alkohol, welche beim Vergähren des Zuckers unter der Thätigkeit der Gährungspilze gebildet wird.

Jedermann weiß, daß zuckerhaltige Säfte in kurzer Zeit zu einer alkoholischen Flüssigkeit (Wein 2c.) vergohren werden unter Abscheidung sehr großer Mengen von Kohlensäure. Diese Kohlensäure, zur Zeit der Vergährung von Traubensäften in solcher Masse zur Abscheidung gelangend, daß große Kellerräume sich damit theilweise oder ganz anfüllen, ist nach dem neuesten Stand der Wissenschaft nichts Anderes als das Oxydationsprodukt der zuckerverathmenden Gährungspilze, welche in gährenden Flüssigkeiten die Trübung veranlassen, weil sie durch rasches Wachsen und Vermehren in solcher Zahl auftreten, daß ein kleiner Tropfen Weinmost Hunderttausende solcher lebendigen Pilzzellen enthält.

Jene Kohlensäure aus dem gährenden Saft ist also in gewissem Sinne das Verbrennungsprodukt von Traubenzucker.

Nun hat G. Bunge gezeigt, daß in einem Kilogramm Traubenzucker in folgendem Verhältniß **mehr** Spannkraft aufgespeichert ist als in dem daraus gewonnenen Alkohol: 1000 Gramm Traubenzucker liefern bei ihrer vollständigen Verbrennung zu Kohlensäure und Wasser 3939 Calorien,* welche zusammen, in mechanische Kraft übergeführt, nicht weniger als 1 674 000 Kilogramm-Meter Arbeit entsprechen, d. h. die beim Verbrennen eines Kilogramms Traubenzucker frei werdende lebendige Kraft würde hinreichen,

* Unter einer Calorie verstehen wir eine Wärmemenge, welche erforderlich ist, um ein Gramm Wasser von gewöhnlicher Temperatur um einen Grad Celsius zu erwärmen.

z. B. ein Kilogramm Eisen, welches am Boden liegt, nicht weniger als $1^1/_2$ Millionen Meter hoch zu heben, oder was dasselbe bedeutet: das Gewicht von ca. $1^1/_2$ Millionen Kilogramm Eisen um einen Meter zu heben. Dagegen liefert dasselbe Kilogramm Traubenzucker, wenn es — anstatt in Kohlensäure und Wasser verbrannt zu werden, der weingeistigen Gährung ausgesetzt wird, bei der Vergährung zu Alkohol und Kohlensäure nur 372 Calorien, welche einer mechanischen Kraft von 158 100 Kilogramm-Meter Arbeit entsprechen.

Bei einer zu physiologischen Zwecken ausgeführten Besteigung des Faulhornes — Aufstieg vom Brienzer See aus bis zur Spitze dieses Berges = 1956 Meter — leistete Professor Wislicenus in der Emporhebung seines 76 Kilogramm schweren Körpers während der genannten Besteigung 76 × 1956 = 148 656 Kilogramm-Meter Arbeit. Die während des Steigens geleistete Herz- und Athmungsarbeit betrug 30 000 Kilogramm-Meter Arbeit.

Aus diesen Zahlen ergiebt sich, daß allein die Verbrennungswärme von blos 100 Gramm Zucker genügen würde, um einen 76 Kilogramm schweren Mann vom Brienzerseespiegel emporzuheben in die Höhe des Faulhornes, während mehr als das zehnfache Gewicht von Zucker nöthig wäre, wenn dieser Zucker bei einer Spaltung in Alkohol und Kohlensäure dieselbe Arbeitskraft abgeben müßte. Diese Spaltungsarbeit bei der Verwandlung von Zucker in Alkohol und Kohlensäure ist ein ganz bedeutender Verlust, den die „Schnapsbrenner“ im Konto der Nahrungsvorräthe unserer Lebewelt auf sich nehmen müssen.

Würde die Menge des von der Pflanzenwelt geschaffenen Vorrathes von Kohlehydraten (Stärkemehl, Zucker, Inulin u. dergl.) nur ganz knapp dazu hinreichen, den Bedarf von Kohlehydraten für die Nahrung der Menschheit zu decken: so müßte man es als einen todeswürdigen Frevel bezeichnen, wenn der Menschenstaat noch weiterhin Schnapsbrennerei und alkoholische Gährung von Zuckersäften erlaubte, weil ja durch die Vergährung von Kohlehydraten ein großer Theil der in den letzteren gebundenen Spannkräfte in Gestalt von Gährungswärme und Gährungskohlensäure nutzlos verpufft wird. (Vergl. unten pag. 232.)

Wir sind nicht der Ansicht, daß der Mensch grundsätzlich keinen Alkohol genießen soll, wenn wir auch jeden Alkoholrausch — gleichviel ob er ein Champagner- oder ob er ein simpler Bierrausch —

als eine Schändung der Menschenwürde und als einen Frevel an der Gesundheit betrachten. Aber die Wissenschaft zeigt des Unwiderlegbaren und beweist es mit Wage, Gewicht und Kraftmesser, daß der Alkohol, sei es immer in welcher Form er genossen werde, nicht der ernährenden Spannkraft entspricht, welche in jenen organischen Substanzen enthalten ist, aus denen der Alkohol, sei er Bier, sei er Wein, sei er Schnaps, sei er Meth — bereitet wurde. Schon Liebig hat uns als Studenten gezeigt, daß das Bier, wenn wir es als Nahrungsmittel (nicht als Genußmittel) betrachten wollten, mit zu den theuersten Lebensmitteln gehört. Der in seiner Arbeitskraft ausgebeutete Proletarier ist — vom Standpunkt der neueren Physiologie aus betrachtet — gewaltig im Irrthum, wenn er in Noth und Mangel zum „billigen Bier“ als „wohlfeilem“ Nahrungsmittel Zuflucht nimmt. Er treibt in seiner Unwissenheit einen Luxus und verkümmert vollends an Leib und Seele, indem er — anstatt sich an die natürlichen Kohlehydrate (Mehl, Zucker, süße Pflanzensäfte) zu halten und die Gaben der lebendigen Pflanzenwelt aus erster Hand zu genießen, die Nutzbarmachung dieser billigsten aller Spannkräfte verschwenderischerweise mit Millionen und Milliarden lebendiger Gährungspilze theilt.

Das ist die wissenschaftliche Ansicht in der Alkoholismusfrage: So lange unsere sozialen Verhältnisse noch nicht derart geordnet sind, daß es keine hungernden darbenden Menschen mehr geben kann, so lange ist der Alkoholismus die schmählichste Verschwendung von Genußmitteln auf Kosten der nothwendigsten wirklichen Nahrungsmittel. Ein berauschter Arbeiter ist nicht minder ein verschwenderisches Ungeheuer als der berauschte Champagnerjüngling unter den oberen Zehntausend. Beide sind Brüder ganz gemeiner Gährungspilze.

* * *

Die Athmung des lebendigen, höher entwickelten Thierkörpers ist nicht einfach blos jener Vorgang, bei dem atmosphärische Luft oder im Wasser gelöster Sauerstoff direkte in die sogenannten Athmungsorgane, Lungen und Kiemen ꝛc. eingeführt und an schlechte Gase, an Kohlensäure ausgetauscht wird, sondern die Athmung ist nichts Anderes, als ein in allen lebendigen Theilen des Thierkörpers vor sich gehender Prozeß, bei welchem freier Sauerstoff der Atmosphäre durch Uebertragung vermittelst der rothen Blutkörperchen

an das Protoplasma der einzelnen lebenden Zellen des Thierleibes abgegeben wird.

Nicht in der Lunge und nicht in den Kiemen geht die Oxydation, die Verbrennung und die damit verbundene Wärme-Entwicklung der organischen Substanzen vor sich, sondern überall, wo eine lebendige Zelle des Thierkörpers dem Stoffwechsel unterliegt; in allen lebendigen Zellen nimmt der Protoplasmakörper Sauerstoff auf und gewinnt der lebendige Protoplast durch diese Sauerstoffaufnahme unter steter Oxydation von kohlenstoffhaltigen organischen Substanzen die **lebendige Kraft zum Lebensbetrieb.**

Bei den rothblütigen Thieren sind die rothen, scheibenförmigen Blutkörperchen, welche zu Millionen im flüssigen Blute durch den ganzen Körper kreisen, die Vermittler des **Sauerstoff**transportes von der Lunge oder den Kiemen aus in den hintersten Winkel der lebendigen Gewebe, zugleich auch die Vermittler des **Kohlensäure**transportes aus allen lebendigen Theilen des Körpers zurück zur Lunge oder zu den Kiemen.

In diesen sogenannten Athmungsorganen im engeren Sinne, in den Lungen und Kiemen findet beim Athmen nur die Ausladung der Kohlensäure und die Wiederbeladung der Blutkörperchen mit Sauerstoff statt.

Jedem auch nur elementar geschulten Menschen ist bekannt, daß die Blutflüssigkeit bei den höheren Thieren durch die Arbeit der Herzthätigkeit in den ganzen Körper getrieben und durch dieselbe Herzthätigkeit wieder zurückgeführt, den Lungen oder Kiemen zugetrieben und abermals als sauerstoffbeladenes arterielles Blut nach allen Theilen der sämmtlichen lebendigen Gewebe gepreßt wird. Die Druck- und Saugpumpe des Herzens ist der treibende Motor zur Unterhaltung des Sauerstoffkreislaufes im lebendigen Leib. Die Physiologie hat nachgewiesen, daß die rothen Blutkörperchen mit großer Gier Sauerstoff durch die feinsten Gefäßwände der Lungen hindurch aus der eingeathmeten Luft aufnehmen und in den Kreislauf tragen, wo ihnen der Sauerstoff wieder zum Theil entrissen wird von den benachbarten lebendigen Zellen, in welchen beim Stoffumsatz Kohlensäure gebildet wird, die hinwieder von demselben Blut aufgenommen und weggeführt werden muß.

Wie es möglich sein soll, daß die Blutflüssigkeit in der kurzen Zeit, da sie in den Lungengeweben verweilt, die überflüssige Kohlen-

säure durch die Gefäßwände hindurch an die Lungenluft abgeben kann und gleichzeitig aus der Athemluft dafür wieder Sauerstoff an sich zu reißen vermag, das wird uns verständlich, wenn wir erfahren, daß die innere Oberfläche der Lungen des Menschen (nach Huschke's Berechnungen) nicht weniger als **2000** Quadratfuß beträgt. Diese ganze große Fläche, welche der Grundfläche eines bürgerlichen Wohnhauses von 50 Fuß Länge und 40 Fuß Breite entspricht, ist dicht besponnen mit einem unentwirrbaren Netz feiner und feinster Blutgefäße, wie wir sie schematisch in Fig. 49 illustrirt haben und in welchen die scheibenförmigen Blutkörperchen mit jedem Herzschlag um eine bedeutende Strecke vom Ort gerückt werden.

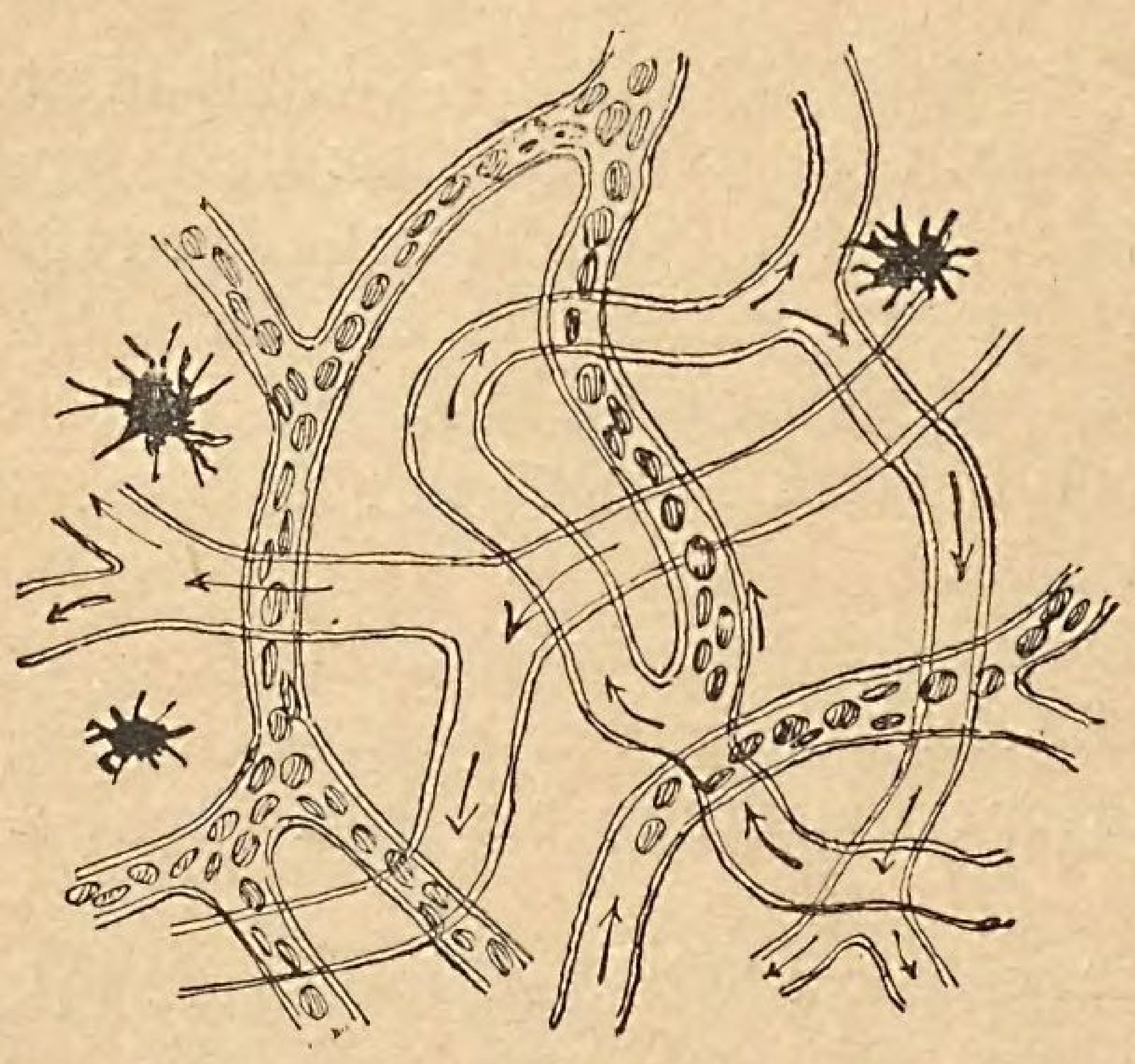


Fig. 49. Schematische Darstellung des Kreislaufes in den Haarröhrchengefäßen (Capillaren) der höheren Thiere. (Verworn, pag. 225 und Stöhr, Histologie, pag. 175.)

Das ist ein frappantes Gegenstück zu der Einrichtung des grünbelaubten, assimilirenden und gleichzeitig athmenden Laubbaumes, der mit wenigen Kilos Blattgeweben so sehr in die Fläche ausladet, daß in seinem Schatten das größte Bürgerhaus kühl liegen kann.

Wir haben hier — in beiden Fällen: bei der athmenden Lunge wie beim assimilirenden Baum — dasselbe große Bedürfniß nach einer enorm erweiterten Berührungsfläche mit der atmosphärischen Luft, welche im einen Fall viel Sauerstoff an die athmende Lunge, im andern Fall viel Kohlensäure an die assimilirenden Laubblätter abzugeben hat.

Das Lichtbedürfniß gab beim Baum die Direktive zur Entwicklung der grünen Blattmassen nach Außen; beim lungenathmenden Thier fiel das Lichtbedürfniß weg, daher die Entwicklung der großen Lungenfläche im Rahmen eines möglichst beschränkten körperlichen Raumes.

In beiderlei Organismen, in Thier und Pflanze, besteht also gleichartig dasselbe Bedürfniß von Sauerstoff: das lebendige Protoplasma reißt den Sauerstoff an sich und gewinnt dabei die **spezifische**

Lebensenergie, welche sich im Spalten und Umgestalten komplizirter organischer Substanzen, im unausgesetzten Stoffumsatz und Stoffwechsel bethätigt und in Gestalt der **Oxydation** kohlenstoffhaltiger Substanzen, in der Verathmung oder Verbrennung von Kohlehydraten, Fetten und Eiweißkörpern unter steter Abgabe von Kohlensäure nach Außen geltend macht.

Die Menge der ausgeathmeten Kohlensäure giebt einigermaßen den Gradmesser für die Energie der Lebensprozesse ab: je energischer die Lebensvorgänge, desto ausgiebiger der Athmungsvorgang.

Schon bei manchen Pflanzen, deren Stoffwechsel beim Wachsen, bei der Assimilation und bei der Athmung doch im Allgemeinen viel langsamer vor sich geht, als im warmblütigen Thierkörper, findet bei der Athmung so energische Oxydation von Kohlehydraten statt, daß leicht nachweisbare Wärmemengen frei werden, ähnlich wie bei einer regelrechten Verbrennung von kohlenstoffhaltigen Pflanzentheilen. In Haufen liegende keimende Samen erwärmen sich in Folge der Athmung oft zwei und mehr Grade über die Temperatur der Umgebung.

Großblumige Pflanzen aus der Familie der bekannten Zimmer-Calla zeigen in Folge der Verathmung von Stärkemehl in dem dicken, keulenförmigen Blüthenkolben oft eine Wärmesteigerung von über 10, 15, ja 22 Grad Celsius. Auch bei den großen Blumen der Magnolia makrophylla, wo die blendendweißen lederigen Kronblätter beim Oeffnen der Blüthe so dicht erfüllt sind von Stärkemehl, als ob sie aus wohlgerathenen Kartoffelknollenzellen bestünden, wird innerhalb zweier Tage durch Verathmen der Stärkesubstanzen so viel Wärme frei, daß ein empfindlicher Thermometer die Temperatursteigerung leicht nachweisen kann. Bei der Blüthe von Victoria regia sind Temperaturerhöhungen in Folge Athmens bis auf ein Plus von 15 Grad nachgewiesen worden, in den männlichen Blüthen der Kürbispflanze ein Plus von 4—5 Graden.

Dabei werden natürlich große Mengen von Kohlensäure abgeschieden: Ein Gramm Kolbensubstanz der Calla-ähnlichen Blumen scheidet innerhalb einer einzigen Stunde bis 30 Kubikzentimeter Kohlensäure ab.

Bei energisch vor sich gehender Gährung zuckerhaltiger Flüssigkeiten wird so viel Wärme frei, daß selbst in kühlen Kellern der vorher herbstlich kühle Traubensaft um mehrere Grade erwärmt

wird. „Sauser im Stadium" ist nicht kühl, sondern angenehm erwärmt, als käme der gährende Saft aus dem Innern eines warmblütigen Thieres. Jene Gährungswärme ist zum größten Theil Verbrennungswärme, frei geworden durch intramolekulare Athmung, wobei der Traubenzucker im Innern des lebendigen Plasmas der Gährungspilze gespalten wird in Alkohol und Kohlensäure. Letztere wird in solcher Masse erzeugt, daß das gährende Getränk förmlich schäumt. Jene Kohlensäure ist das Produkt der Athmung im lebenden Plasma der Hefepilze und sie ist als Verlust von

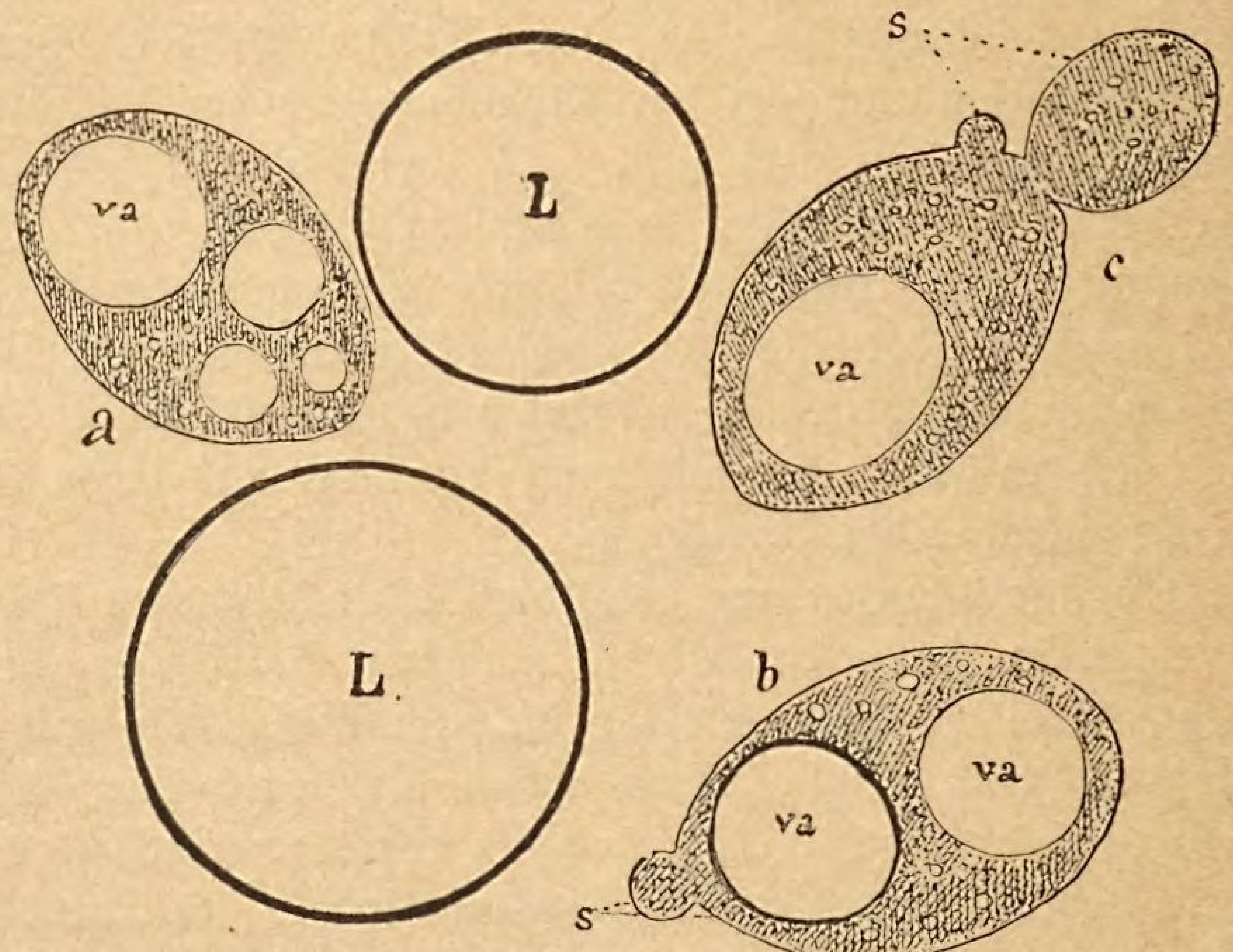


Fig. 50. Bierhefezellen, lebend und athmend (Kohlensäure abscheidend).
L L Luftblasen, bestehend aus Kohlensäure, va va Vacuolen im Innern der farblosen, bläschenförmigen Hefezellen, die sich durch Sproßbildung s s vermehren.

organischer Substanz zu betrachten, die beim Gähren eben durch die lebenden Pilze für uns vernichtet wird.

Die vom Menschen ausgeathmete Luft enthält bei normaler Athmung 4,6 Prozent Kohlensäure; bei möglichst tiefer Athmung, die wir instinktiv nach großer körperlicher Anstrengung, z. B. nach Erklimmung eines steilen Bergabhanges oder nach vollzogenem Turnerwettlauf zu üben pflegen, enthält die von uns ausgeathmete Luft sogar $5^1/_5$ Prozent Kohlensäure.

Der gesunde erwachsene Mensch giebt bei normaler Lebensweise jeden Tag in der ausgeathmeten Luft etwa 900 Gramm Kohlensäure

als Oxydationsprodukt von kohlenstoffhaltigen Verbindungen aus seinem Leibe ab.

(Das Quantum der ausgeathmeten Kohlensäure schwankt bedeutend, von 800—1200 Gramm, je nach der Bethätigung der Muskeln, auch nach der Art der Ernährungsweise und dem Allgemeinbefinden des einzelnen Menschen.)

Hält sich der Mensch in einem luftdicht abgeschlossenen Raum, der mit gewöhnlicher atmosphärischer Luft angefüllt war, längere Zeit auf, so wird bekanntlich die mit ihm eingeschlossene Atmosphäre immer reicher an Kohlensäure und ärmer an Sauerstoff.

Ist der abgeschlossene Raum beispielsweise ein enges Schlafzimmerchen mit blos 20 Kubikmeter Luftraum, so enthält diese Schlafzimmeratmosphäre nach 24 Stunden, da ein erwachsener Mensch drin athmete, statt der ursprünglichen 20 Gramm nun 920 Gramm Kohlensäure, statt des ursprünglichen ½ pro Mille nun 23 pro Mille oder 2,3 Prozent Kohlensäure.

Durch unanfechtbare Experimente an gesunden Menschen ist ermittelt, daß schon bei drei Prozent Kohlensäuregehalt der Zimmerluft sich die ersten Empfindungen von Unwohlsein einstellen; bei ca. fünf Prozent Kohlensäuregehalt der durch Athmung „verschlechterten" Luft tritt Athembeschwerde und hochgradige Uebelkeit ein. Bei weiterer Steigerung des Kohlensäuregehaltes und entsprechender Abnahme des Sauerstoffgehaltes müßte alsbald Erstickungstod eintreten.

Es läßt sich unschwer berechnen, in welcher Zeit die Luft eines engen Schlafzimmers, eines großen Versammlungslokales, eines Schulzimmers, in welchem sich so und so viel Menschen aufhalten, durch die Athmung so verdorben sein wird, daß die Menschen Gefahr laufen, bei längerem Verweilen darin zu ersticken.

Erst die Neuzeit mit ihren naturwissenschaftlichen Fortschritten hat es dazu gebracht, daß die zivilisirten Völker sich Polizeiorgane schafften, die darüber zu wachen haben, daß alle geschlossenen Räume für den Aufenthalt athmender Menschen nicht blos groß genug erbaut, sondern auch genügend ventilirt werden.

Die Herbeischaffung des zum Athmen nothwendigen **Sauerstoffes** und die Wegschaffung der durch Athmung, Verbrennung und Vermodern erzeugten **Kohlensäure** gehören mit zu den allerwichtigsten Lebensbedingungen und sie sind ebenso nothwendig als die Herbeischaffung der vom

lebenden Körper dringlichst erheischten festen und flüssigen Nahrungsmittel.

Die **Physiologie** als Wissenschaft von den Lebensvorgängen und Lebensbedingungen ist noch nicht so weit gediehen, daß sie einen klaren Einblick in alle die chemischen und physikalischen Vorgänge gestattete, welche sich zwischen dem Eintritt der Nahrung in den lebendigen Körper und dem Austritt der Stoffwechselprodukte des Leibes in regelmäßiger, also naturnothwendiger Folge abspielen.

Man weiß allerdings ziemlich genau, wie viel Nahrung ein erwachsener gesunder Mensch zur normalen Lebenshaltung jeden Tag in seinen Leib einzuführen hat, wenn er nicht an Kraft und Stoff Einbuße erleiden soll.

Man weiß ziemlich genau, wie viel Kohlensäure der Mensch per Tag ausathmet und wie viel Wasser er durch Lungen und Haut verdunstet.

Man weiß ziemlich genau, wie viel stickstoffhaltige Verbindungen durchschnittlich per Tag in der Harnflüssigkeit abgeschieden und als Zerfallsprodukte eiweißartiger Substanzen aus dem lebendigen Leib ausgestoßen werden.

Man kennt das Gesetz von der Erhaltung der Kraft und der Materie, wonach **nirgends** weder in der leblosen, noch in der lebendigen Natur, irgend ein Stofftheilchen oder eine Krafteinheit verloren gehen und vernichtet werden kann, wonach auch nirgends in der lebendigen oder todten Natur irgend ein Stofftheilchen oder eine Krafteinheit entstehen kann aus Nichts.

Man weiß ganz sicher, daß im lebendigen Organismus der **Einnahme** von Materie und Kraft eine entsprechende **Ausgabe**, ein Umsatz von Materie und Kraft entspricht. Man weiß, daß der Betrieb des lebendigen Leibes potentiell und materiell derselbe ist, wie der Betrieb einer wohlgefügten Dampfmaschine.

Aber die ganze Kette des Stoff- und Kraftumsatzes ist uns beim lebenden Organismus noch nicht in allen Einzelheiten so genau bekannt, wie dem Maschinen-Ingenieur die Einzelheiten der Stoff- und der Kraftumsätze in der von ihm konstruirten Maschine bekannt sind.

Wir wissen wenig mehr, als den Anfang und das Ende einer komplizirten, vielfach verschlungenen Kette von Vorgängen, die sich im lebendigen Leib bei der Aufnahme von Nährstoffen und beim

Verbrauch organischer Substanzen abspielen. Von größter Wichtigkeit aber ist das Fazit alles Erkannten, welches lautet:

Die Hauptrolle bei allen fundamentalen Lebensvorgängen spielt der Sauerstoff: bei der Assimilation nicht minder als bei der Dissimilation.

* * *

Wenn wir die Oekonomie des gesammten Lebensbetriebes auf unserem Planeten in seinen Hauptvorgängen überblicken, so gelangen wir zu folgenden Hauptergebnissen:

1. Zum Aufbau organischer Substanzen aus einfachen mineralischen Stoffen wird das Protoplasma grüner Pflanzenorgane befähigt durch die lebendige Kraft des Sonnenlichtes.

2. Durch die Assimilation der grünen Pflanzenwelt wird fortwährend auf unserem Planeten ein großer Theil der lebendigen Kraft des Sonnenlichtes in Spannkraft verwandelt und in Gestalt von Assimilationsprodukten, als pflanzliche Kohlenhydrate (Stärkemehl, Cellulose, Inulin, Zucker 2c.) der Thätigkeit des lebendigen Plasmas zur Disposition gestellt.

3. Durch die Einbeziehung des Sauerstoffs in den Chemismus des lebenden Plasmas der pflanzlichen, wie der thierischen Organismen wird beim Athmen stetsfort ein Theil der in den Assimilationsprodukten deponirten Spannkraft (gebundenes Sonnenlicht) in lebendige Kraft zurückverwandelt und zur Betriebsquelle der chemischen Aktionsfähigkeit im stoffwechselnden und stoffumlagernden Plasma.

4. Alle spezifisch thierischen Funktionen: die mechanische Kraft des kontraktilen Muskels, die Aktion der Ganglienzellen mit den Nervenfasern, die psychischen Erregungen im empfindenden und denkenden Hirn und wie alle die Kraftleistungen des thierischen Organismus genannt werden mögen: sie sind nichts Anderes als Modifikationen der in den Assimilationsprodukten gefesselten Kraft des Sonnenlichtes, welches mittelbar oder unmittelbar durch die Oxydation der Kohlenhydrate, der Eiweißsubstanzen und der Fette wieder in lebendige Kraft zurückverwandelt wird.

Der vernünftigste Kultus, auf welchen jemals Menschen verfallen sind, war der Sonnenkultus. In der That ist die Sonne die Mutter alles Erdenlebens. Wer die Sonne, wer das Licht haßt, der haßt das Leben. Jeder Finsterling ist ein Feind der

größten aller Wohlthaten, des Lebens. Möge er daher zu den Todten niedersteigen!

5. Der Lebensbetrieb auf unserem Planeten erweist sich sonach als ein Kreislauf derselben Kräfte und derselben Materie: So wie die mineralischen Stoffe: Wasser, Kohlensäure, Sauerstoff und Verbindungen der Erdalkalien in den Kreislauf des Lebens eintreten, so kehren sie wieder als Wasser, als Kohlensäure und als Erdalkalien verbunden mit Sauerstoff und als freier Sauerstoff aus dem Kreislauf des Lebens in das große Generaldepot der unorganischen Natur zurück.

6. Wenn die lebendige Sonnenkraft sich im grünen Plasma der Pflanze mächtig genug erweist, um dem Sauerstoff in der Kohlensäure seinen lieben Gefährten — den Kohlenstoff zu entreißen und diesen dem Kreislauf des Lebens einzuverleiben: so ist hinwieder der Sauerstoff mächtig genug, in Abwesenheit oder auch in Anwesenheit des Sonnenlichtes Aktionen zu unterhalten, die zur Zerstörung dessen führen, was das Sonnenlicht geschaffen hat. Leben ist **Aufbau** und **Zerstörung** zugleich, wie wir im nächsten Abschnitt noch weiter ausführen werden.

XII.

Das Leben als ununterbrochene Kette von Vorgängen des Aufbaues und der Zerstörung — eine fortwährende Störung des Gleichgewichtes der Kräfte.

Rascher Umsatz von Stoffen und geformten Zellen im Leib der höheren Thiere. Wir sind stofflich keinen einzigen Tag dieselben, wie gestern. Krasser Gegensatz in der Lebensdauer der Eizellen einerseits und der männlichen Samenzellen anderseits. Fortwährendes Absterben der Zellen an thierischen und pflanzlichen Organismen und Nothwendigkeit steter Neubildung von Zellen. Beispiele aus der Thier- und Pflanzenwelt.

Das Leben sei ein Verbrechen, worauf die Todesstrafe gesetzt sei — sagt ein seltsamer Ausspruch, der physiologisch kaum zu verneinen ist. Alles, was als Lebendiges ins Dasein tritt, trägt die Nothwendigkeit des Absterbens in sich. In der Gier des lebendigen Plasmas nach der Hereinbeziehung des Sauerstoffs in den Chemismus der Lebensmaschine liegt nicht allein die Bedingung des Lebensbetriebes, sondern zugleich auch die Nothwendigkeit des Todes. Der Sauerstoff ist ebensowohl Lebensbedingung als Lebensvernichter — er könnte ebenso gut Todesluft heißen, als er „Lebensluft" genannt worden ist.

Vielzellige Organismen, die aus komplizirten Organen aufgebaut erscheinen, erleben jeden Tag, manche sogar jede Stunde oder Minute den Tod einzelner Zellen ihres lebendigen Gesammtleibes. Die Weichtheile unseres Körpers wechseln innerhalb weniger Wochen ihre Stoffe derart, daß man sagen kann: wir sind keinen einzigen Tag stofflich dieselben, die wir gestern gewesen sind. So wechselt nach den Berechnungen der Physiologen der menschliche Organismus innerhalb Jahresfrist nicht weniger als sechsmal seine gesammte Hirnmasse durch Ausschalten von Stoffen und Neueintritt anderer Substanzen.

Von den verschiedenartigen Zellen des lebendigen Thierkörpers dauern die einen länger, die anderen weniger lang, ehe sie durch neue Zellen ersetzt werden.

Auffallend ist der krasse Gegensatz in der Lebensdauer der beiderlei Geschlechtszellen: Das Weib bringt die ca. 72000 Eizellen seiner Zeugungsorgane schon als scharf umschriebene Eianlagen in

den Eierstöcken des neugeborenen Mädchens auf die Welt. Diese 72000 Zellen bleiben bis zum Beginn des Reifestadiums fast unverändert bestehen, also 10, 15, 20 und mehr Jahre, um dann in der Blüthezeit des Lebens als ausgereifte, empfängnißfähige Eizellen — nach und nach vielleicht 400 in der Gesammtzahl — ausgestoßen zu werden, indeß die übergroße Mehrzahl jener 72000 Eianlagen als nicht zur Reife gelangende Zellen nach 45- bis 50jährigem Bestand rückgebildet werden und zu Grunde gehen. Im Gegensatz hiezu stehen die männlichen Fortpflanzungszellen, die in Fig. 12 A, pag. 112 abgebildeten Spermatozoiden, die erst im Reifestadium des Mannes von Tag zu Tag gebildet werden und zwar von Fall zu Fall in der riesigen Anzahl von 50000000 nach der einen Berechnung, von über 200000000 nach einer anderen Berechnung. (Vergl. Merckel und Bonnet, Ergebnisse der Anatomie und Entwicklungsgeschichte, Bd. I, pag. 206—207.)

Hier haben wir die Extreme in den Lebensaltern menschlicher Zellen, von denen die einen ein halbes Jahrhundert, die anderen nur einige Tage alt werden.

Zwischen diesen Extremen bewegt sich die Lebensdauer der anderen Körperzellen.

Täglich werden aus dem Leib der höheren Thiere die Reste und Trümmer unzähliger Zellen abgeschieden, welche längere oder kürzere Zeit Bestandtheile des lebendigen Leibes darstellten, früher oder später aber, einzeln oder in größeren Komplexen vereinigt, absterben, ohne daß der Gesammtorganismus in seiner Leistungsfähigkeit beeinflußt wird. Die zarten Zellen der feuchten Schleimhäute verschiedenartiger Organe, die Epithelzellen des Verdauungskanals, die Zellen der an die Außenwelt grenzenden Körperhaut, die unzählbaren Zellen der Haare, der Federn, der Schuppen, der Nägel, Klauen, Krallen erreichen kein hohes Alter, sondern werden sehr oft abgestoßen als todte Gebilde, die durch neue zu ersetzen sind.

Die Talgdrüsen der menschlichen Haut — ihrer Zahl nach kaum zu berechnen — sondern in Gestalt des Hauttalges einen im Leben halbflüssigen Stoff ab, der aus den Zerstörungsprodukten von Zellen besteht, die fortwährend zu erneuern sind.

Zur Zeit der Milchabsonderung werden die secernirenden Zellen der Milchdrüsen so sehr in Anspruch genommen, daß sie fortwährend große Stoffmengen aufzunehmen und in umgestalteter

Form wieder — **als** flüssige, mit Fettkügelchen durchsetzte Milch — abzugeben haben. Wahrscheinlich müssen diese milchabsondernden Zellen während der Periode des Säugens mehrmals erneuert werden. Sicher ist, daß sie erst gebildet werden während der Schwangerschaft und daß sie wieder verschwinden, wenn die Periode des Säugens abgelaufen ist.

Alle Zellen mit raschem Stoffwechsel sind von kurzer Dauer. Die wichtigsten Weichtheile des menschlichen Körpers setzen sich aus Zellen zusammen, von denen fortwährend eine große Zahl im Absterben und Zerfall begriffen ist, während andere Zellen derselben Gewebe sich gleichzeitig vermehren und für die abgehenden Ersatz schaffen. (Eine Ausnahme machen die Hirn- und Nervenzellen.)

Und selbst jene Zellen, die anscheinend eine große Lebensdauer behaupten, bleiben dem Stoffe nach nicht lange dieselben.

Form und **Funktion** von lebenden Zellen der höheren Thiere und der höheren Pflanzen können jahrelang nahezu dieselben bleiben: die **Substanzen** aber, aus denen die lebende Zelle aufgebaut ist, wechseln stetsfort ihren Platz und werden jeden Tag zum Theil zerstört und zum Theil wieder erneuert.

Das ist die nothwendige Folge des Stoffwechsels, auf welchem ja alle Haupterscheinungen des Lebens beruhen.

Leben ist somit fortwährender **Stoff-** und **Kraftwechsel**, Leben ist **fortwährender Zerfall** bei **gleichzeitigem Aufbau.**

Die bisher angeführten Beispiele der Hinfälligkeit lebender Zellen beziehen sich zumeist auf die Theile unseres menschlichen Körpers. Analog verhält es sich mit der fortwährenden Zerstörung und der Beschaffung eines Ersatzes in der Lebensökonomie aller mehrzelligen Thiere.

Die höheren Pflanzen scheinen eine Ausnahme zu machen, da wir in tausendjährigen Bäumen auch Zellen antreffen, die ebenfalls 1000 Jahre alt sind.

Gewiß: die hundertjährige Eiche oder Tanne besitzt in ihrem Stammgerüst und Wurzelstock festgefügte Zellen, die schon im Jahre des Keimens, da der Baum als schwellender Embryo die Samenschale zersprengte, gebildet wurden und hundert Jahre in Stamm und Wurzel erhalten blieben.

Andere Zellen desselben Baumes zählen 99, 98, 90, 60, 40, 20 Jahre und noch weniger. Aber alle diese alten Zellen sind nicht mehr lebendig; es sind dieselben nichts Anderes als

todte Skelette, die durch ihre Steifheit und Tragfähigkeit dem Baume noch nützen als mechanische Stützen für die schwere, lebendige Baumkrone.

Die meisten der während Jahrhunderten vom lebenden Baum erzeugten Zellen sind längst den Weg aller Zerstörung gegangen in Gestalt abfallender todter Rindenstücke, in Gestalt der hinfälligen Blätter, der Blüthen, der todten Hüllen reifer Samen 2c.

An jedem Laubsproß irgend eines Baumes sterben alljährlich Millionen Zellen vollständig ab; an jeder dicken Wurzel findet dasselbe statt und an jeder jungen Wurzel, die hinter ihrem fortwachsenden Ende zahllose Wurzelhaare bildet, manifestirt sich jeden Tag das Zerstörungswerk des Gesammtlebens im Absterben von Tausenden feiner Wurzelhaarzellen oder sogenannter Saugzellen.

Das Gesammtleben der höheren Pflanze erheischt es geradezu, daß viele Zellen kaum einige Tage lang sich ihres Lebens freuen dürfen. Das Gedeihen dieses Zellenstaates fordert bei der höheren Pflanze ebenso wohl als beim höheren Thier den jeden Tag sich vollziehenden Untergang von unzähligen lebendigen Einzelzellen.

Je höher die organische Gliederung und je intensiver das Prinzip der Arbeitstheilung im Zellenstaat des höheren Thieres und der höheren Pflanze durchgeführt ist, desto unbarmherziger gestaltet sich das Schicksal der Einzelzelle. Dem Interesse des Ganzen ist das Gedeihen des Einzelnen unterstellt.

Das ganze **Pflanzen**- oder **Thier**individuum fristet sein Leben auf Kosten der Zerstörung und Wiedererersatzschaffung des Einzellebens.

So ist das Leben der höheren Organismen verbunden mit der Naturnothwendigkeit fortwährender Zerstörung, unausgesetzten Zerfalles!

XIII.

Die Frage von der Lebenskraft.

Die scheinbare Zweckmäßigkeit der organischen Natur findet ihr Analogon auch in der unorganischen Natur, wo nur chemische und physikalische Kräfte auf rein natürlichem Wege den Effekt der bewußten Zweckmäßigkeit zu Stande bringen. Die naive Betrachtung der Gebirgswelt mit ihrem Bewässerungssystem. Die Wissenschaft weiß nichts von einem über der Natur stehenden höchsten Baumeister, der Gebirge aufthürmt, Flußsysteme schafft und Kontinente durch Wasserstraßen mit dem Meere verbindet. Ebenso wenig weiß die Wissenschaft etwas von einer besonderen „Lebenskraft", die in den Organismen thätig wäre. Alle vitalen Eigenschaften, welche das Leben der Thiere und Pflanzen charakterisiren, sind ein natürlich Gewordenes, ein Produkt der langsamen Entwicklung in der Zusammensetzung von kraftbegabten Atomen und Molekülen. Es giebt ebenso wenig eine „Lebenskraft" als es eine besondere Kraft giebt, welche Granite und Kalkgebirge schafft. Die Entstehung und Entwicklung des Pflanzen- und Thierlebens erforderte Jahrhunderttausende: das naturwissenschaftliche Experiment kann nicht in einer Stunde schaffen, wozu die physikalischen und chemischen Kräfte Jahrhunderttausende gebraucht haben. Der Experimentator zerlegt die Wesenheit des Lebens in seine Einzelbestandtheile, das Zusammengesetzte in einfachere Theile. Das Ideal der Physiologie ist noch nicht erreicht; aber es ist erreichbar.

Ein mit offenen Sinnen ausgestatteter junger Mensch wandert mit einer guten Gebirgskarte in die herrliche Alpenwelt und durchstreift Berge und Thäler, seine Seele erbauend im Genuß all des unsagbar Schönen eines Naturganzen, wie die Erde kein zweites aufzuweisen hat.

Sein Auge verfolgt den Gang der Gewässer von ihrem Ursprung an, dort oben vom firnschneebedeckten Gletscher bis hinab in das blaue Auge des lachenden Sees und weiter hinaus bis in den breiten Strom, dessen Wasser in dunstiger Ferne sich glitzernd dahinwälzt dem fernen weiten Meer entgegen.

Er kombinirt seine eigenen Beobachtungen mit den Zeichnungen auf seiner Wanderkarte und überblickt mit Einem Mal das ganze große System der Wasserrunsen an den Berglehnen, der rauschenden Gießbäche in den Schluchten, der kleinen Flüsse in den grünen Thalsohlen, die in mäandrischem Lauf ihr Geschiebe in die Seebecken hinauswälzen, wo ihr vorher trübes Wasser geklärt wird und als klare Fluth friedlich dem anderen Ende des Sees wieder enteilt, um von da ab Mühlen zu treiben, Fabrikturbinen zu bewegen, Wiesen zu wässern und ganze Städte mit Trinkwasser zu versehen, immer arbeitend und segnend dahinzuwandern bis ins große Weltmeer, von wo dasselbe Wasser wiederkommen wird in Gestalt von Wolken, die, auf den Flügeln des Windes segelnd, sich an den Felskolossen thürmen,

um als Schnee und Eis abermals ein Theil der Festlandmasse zu werden und den Kreislauf des Wassers neuerdings zu beginnen.

Dieser junge Wandersmann ist erstaunt und entzückt über der Zweckmäßigkeit der großen Bewässerungsanlage in diesem Wunderland voll Naturschönheit und ungeahnter Herrlichkeit. Ihm scheint, daß kein menschlicher Geist im Stande wäre, im Unermeßlich-Großen dieser Stoffmassen und in den Anhäufungen des verschiedenartigsten Materials so ziel- und zweckbewußt und solcherart den Gesetzen der Schönheit entsprechend zu schaffen, wie es hier geschehen ist. Er ist daher so naiv, all den ganzen Zauber dieser vereinigten Naturschönheiten und Zweckmäßigkeiten einem übernatürlichen Wesen, einem höchsten Geist voller werkthätiger Kraft im Erfinden des Schönen und des Zweckmäßigen zuzuschreiben.

Allein dieser abenteuerliche Gedanke an eine zweck- und ziel- und schönheitsbewußte Kraft, die zauberhafte Landschaften mit genialen Bewässerungsanlagen in unsern Gebirgen schafft, hat vor dem Auge der Naturerkenntniß keinen Bestand.

Der Forscher, welcher unsere Gebirgsthäler durchwandert, die Gletscher durchquert und die firnschneebedeckten Bergriesen erklimmt, der Forscher — im Anblick all des erhabenen Zaubers und unbeschreiblicher Herrlichkeit nicht minder schönheitstrunken als der flanirende Handwerksbursche oder der fahrende Scholar, dessen Wesen angesichts lachender Seen und stürzender Wasserfälle in Extasen aufjauchzt — der Forscher sieht doch allüberall die Resultate rein natürlicher Geschehnisse und er zerlegt in Gedanken all die tausend und abertausend Erscheinungen der harmonischen Schönheit in Einzelvorgänge rein chemischer und physikalischer, also kontrollirbarer und meßbarer Kräfte.

Er sieht in den himmelhoch gethürmten Felsen die starrgewordenen, ursprünglich horizontal gelegenen Schlammmassen von Meeren, die da waren und ihre Wellen im Sonnenlichte dahintrieben, lange bevor der denkende und träumende Mensch auf den Plan trat.

Er sieht in den Verschiebungen und Falten der verschiedenen Gebirgsschichten das Resultat schiebender und hebender Kräfte rein physikalischer Natur, von Kräften, welche frei werden, sobald an kugeligen Körpern oberflächlich Wärme an die Außenwelt abgegeben wird und Zusammenziehung mit mathematischer Nothwendigkeit eintreten muß, von Kräften, welche heute noch in der langsam weiter sich abkühlenden Erdrinde immer wieder frei werden und in kleinen oder großen Erdbeben sich manifestiren.

Er sieht überall die Verwitterungserscheinungen an den Gräten und Zinken und Zacken der Gebirgsketten, er sieht an den Felsen und Gehängen die Zerstörung fortwährend an ihrer Arbeit und zwischen hinein wieder die Ausschmückung der Trümmer durch triumphirendes Leben.

Er versteht die Tiefe der Thäler und die Ausdehnung der lachenden Seen; er versteht das Werden jenes anscheinend genialen Bewässerungssystems, das sich vom Kamm der Granitgebirge an, wo die Wasserscheiden hinübergrüßen in die Mittelmeerländer einerseits und die nordeuropäischen Ebenen anderseits, ausbreitet bis an die Ufer der atlantischen Meerestheile. Vor seinem geistigen Auge eröffnet sich in derselben Wanderkarte, die dem Naiven als Führer dient, die Entwicklungsgeschichte der Wasseradern als eine Reihe von Arbeitsleistungen rein mechanischer Art, wo die Schwerkraft des Wassers weit öfter zerstörend als aufbauend sich bethätigt hat. Nicht eine Spur von zweck- und ziel- und schönheitsbewußter Genialität ist da zu finden, wo der Naive sie glaubt in Masse zusammengedrängt zu sehen. Das Erkannte ist deswegen nicht minder schön und großartig, wenn auch die letzte Spur des Uebernatürlichen aus der Welt verschwindet.

Der Erkennende ist in der erkannten Welt zu Hause wie in seinem eigenen Heim. Wie er in seinem eigenen Heim glücklicher ist als irgend anderswo, so ist der erkennende Mensch immer glücklicher in dieser Welt der Erscheinungen und des Naturgeschehens, als es je derjenige sein kann, der sich in dieser selbigen Welt der Erscheinungen und des Naturgeschehens als Fremdling fühlt, weil er die Erscheinungen des Naturgeschehens **nicht** erkannt hat und sie deshalb nicht versteht.

Gebt den Menschen Naturerkenntniß und ihr werdet die Menschen selig machen!

Tausenderlei verschiedene Faktoren bedingen die harmonische Schönheit unserer Gebirgswelt: jeder dieser Faktoren aber erscheint dem logisch denkenden Menschen als ein einziges Glied in der langen Kette von Ursachen und Wirkungen im mechanischen Naturgeschehen.

Wenn wir alle diese Faktoren, welche in einer einzigen Landschaft zu vollendeter Schönheit harmonisch zusammenwirken, auflösen und einzeln zergliedern, wenn wir erkennen, daß die natürlichen Ursachen mit den natürlichen Wirkungen zusammenstimmen,

wie die Glieder einer mathematisch gefügten Gleichung: ist dann das Objekt unserer Betrachtung minder schön? werden wir im Genuß des Naturbetrachtens verkürzt, wenn wir dort mit klarem Blick die gegenseitigen Beziehungen der Dinge und Geschehnisse erkennen, wo der **Unwissende** nur staunen, träumen und glauben kann?

Ganz ähnlich wie der Schönheit einer lachenden Landschaft gegenüber ergiebt sich auch in Ansehung des **Lebensräthsels** der Standpunkt des betrachtenden Forschers.

Der naive Weltbürger sieht in den Erscheinungen des Lebens das stille Walten einer geheimnißvollen Kraft, welche nur der Ausfluß eines höheren Willens, einer übernatürlichen Macht sein könne.

Und lange Zeit sprach man auch in wissenschaftlichen Kreisen von einer Lebenskraft, die ganz spezifischer Art und durchaus verschieden sei von allen in Natur und Welt sich bethätigenden Kräften.

Liebig war einer der letzten namhaften Forscher, welche alles Ernstes versuchten, für die Erklärung des Lebens eine besondere, von den chemischen und physikalischen, also von den meßbaren Naturkräften verschiedene Kraft zu setzen.

Umsonst! Die Fortschritte der neueren Chemie und Physik, der Biologie und Physiologie haben es mit sich gebracht, daß die „Lebenskraft“ aus dem in sicherem Kurs segelnden Fahrzeug der wissenschaftlichen Forschung über Bord geworfen wurde.

Die Betrachtung der Lebenserscheinungen ist eine **mechanistische** geworden.

Wenn es heute auch oft den Anschein hat, daß das Gespenst „Lebenskraft“ abermals zu verderblichem Spuk wieder erwachen wolle, so ist doch zu konstatiren, daß die selbstthätig forschenden Arbeiter der Wissenschaft weiter als je davon entfernt sind, das todte Gespenst in Rechnung zu ziehen.

Und wenn es heute dennoch Redner, Prediger und Schriftsteller giebt, die bei jedem Anlaß fleißig dabei sind, zu erklären, daß wir das Räthsel des Lebens niemals werden entschleiern können und daß wir hinter all den komplizirten Vorgängen dessen, was man Leben nennt, ein metaphysisches — ein übernatürliches Agens anzunehmen haben: so arbeiten doch stetsfort die wirklichen Forscher in den Laboratorien der Wissenschaft wie in der freien lebendigen Natur immer unter der Voraussetzung ruhig weiter, daß zwischen Himmel und Erde, auf und unter der Erde nur chemische und physi-

kalische Kräfte thätig sind, welche der Wage und dem Gewicht zugänglich und der Frage des Kraftmessers mit einer exakten Antwort Rede stehen werden.

Gewiß! Es ist unbestritten, daß die Erscheinungen des **Lebens** zu den schwierigsten Problemen der Wissenschaft gehören.

Die vitalen, das sind die das Leben charakterisirenden Eigenschaften des Protoplasmas erweisen sich als Aeußerungen höchst komplizirter Vorgänge und Kräftekombinationen, die wir sicherlich nicht in erster Linie an den höchstorganisirten Lebewesen, sondern zuerst bei den niedrigsten Organismen werden verstehen lernen.

Das lebendige Protoplasma in der gegenwärtigen Thier- und Pflanzenwelt ist ja auch nicht ein Produkt von heute oder gestern, sondern es ist ein allmälig Gewordenes, das eine Entwicklungsgeschichte hat, welche um Jahrhunderttausende, Jahrmillionen in die Vergangenheit zurückweist.

Das Leben auf unserem Planeten ist ein historisch Gewordenes: eine unabsehbar lange Kette von Ursachen und Wirkungen der Jahrmillionen umfassenden Vergangenheit zieht sich wie ein eiserner Schienenstrang längs des Weges in der Entwicklung aller lebendigen Substanzen.

* * *

Der Naturforscher unserer Tage ist nicht im Stande, aus den dreizehn oder fünfzehn Elementen, die den Körper eines lebendigen Thieres oder einer Pflanze aufbauen, ein ebensolches lebendiges Thier oder eine ebensolche lebendige Pflanze künstlich im Laboratorium herzustellen. — Weil er das nicht innerhalb weniger Stunden oder Tage zu Stande bringt, wozu der natürliche Entwicklungsgang Jahrmillionen Zeit beanspruchte: so kommen die unwissenden Zaghaften und Träumer, um in die Pflanze, in das Thier eine mystische Lebenskraft zu setzen.

Der Geologe oder Mineraloge unserer Tage ist nicht im Stande, aus den ihm genau bekannten Elementen Granit- und Gneisblöcke, karrarischen Marmor, riesige Bergkrystalle und Rauchtopase, große Diamanten und dergleichen herzustellen: wem aber wird einfallen, aus diesem Grunde eine spezifische Kraft setzen zu wollen, welche Granite und Gneise, karrarischen Marmor, Bergkrystalle und Diamanten schaffte?

In der äonenfernen Vergangenheit liegt die Entstehung der ersten lebendigen Substanz.

Wie es dabei zuging, das werden wir **nie** wissen. (Ignorabimus!) Aber wir können uns doch auf Grund der bisherigen Naturerkenntniß eine Vorstellung, wie es dabei zugegangen sein mag, in groben Umrissen konstruiren. Das nächste Jahrhundert wird die Chemie in den Stand setzen, eiweißartige Substanzen aus todter Materie künstlich herzustellen. Dann ist das Substrat des Lebens materiell gegeben und der Kombinationskraft des menschlichen Geistes wird die Möglichkeit dargeboten sein, in richtiger Zusammenfügung der Substrate auch die richtige Kombination der Kräfte zu entdecken, welche sich in wahrhaftigen Lebenserscheinungen ebenso unzweideutig offenbaren, wie die Molekularkräfte am wachsenden Bergkrystall.

Heute aber mögen wir uns mit folgender Vorstellung begnügen müssen:

Einstmals entstand im allmäligen, natürlichen, d. h. im chemisch-physikalischen Verwandlungsprozeß aus leblosen Substanzen das einfachste Protoplasma, das sich der Physiologe denken kann.

Dieses einfachste Protoplasma hatte rein-chemische und physikalische Eigenschaften: Es vermochte von Außen her Substanzen in sich aufzunehmen, und manche dieser Substanzen selbst wieder umzuwandeln zu Theilchen seines eigenen Leibes; es besaß also die Eigenschaft zu wachsen. Wie viele tausend- oder millionenmal solche Plasmen in der Urzeit entstanden und wieder zerfallen sind? — kein Sterblicher wird dies ermitteln können, da diese Vorgänge in der Tiefe einer unergründlichen Vergangenheit begraben liegen, ohne eine nachweisbare Spur zurückzulassen.

Aber unter diesen primitiven Plasmen, die wir bildlich als „tastende Versuche der Natur" bezeichnen könnten, kam einstmals eine etwas höher begabte Form zu Stande, wo mit dem Vermögen des Wachsens auch das Vermögen des Zerfallens in selbständig weiter wachsende Theile verbunden war.

Damit war das Vermögen der Fortpflanzung gegeben, das den Anfang einer Entwicklungsreihe abgab, welche durch alle Perioden der Erdgeschichte von dort ab bis zur Gegenwart eine ununterbrochene, in tausend Abzweigungen verästelte Kette bildete.

Wachsthum und Fortpflanzung sind die Grundlagen der Lebenserscheinungen. Alles Uebrige erscheint als Beiwerk, freilich oft existenzbedingend, aber dennoch erst nachträglich durch Naturauslese im Kampf ums Dasein Gewordenes.

Die Hunderttausende der gegenwärtig auf unserem Planeten lebenden Plasmen sind also Entwicklungsprodukte der Vorzeit, die wir niemals in der Retorte oder im Probirglas werden nachahmen können.

Den historischen Werdeprozeß können wir nicht innerhalb weniger Stunden wiederholen.

Aber was der Physiologie gelingen **wird**, was ihr nach der Ueberzeugung Aller, die sich experimentell mit dem Phänomen des Lebens wissenschaftlich beschäftigen, gelingen **muß**: das ist der unanfechtbare Beweis, daß das Leben der Thiere und Pflanzen nichts Anderes ist, als ein mehr oder weniger harmonisches Wechselwirken zwischen lebendigem Protoplasma einerseits und den rein chemisch-physikalischen Agentien der sogenannten todten Außenwelt anderseits.

Die Physiologie ist heute auf dem besten Wege, den Nachweis zu erbringen, daß alle Theilerscheinungen des Lebens schritt- und stückweise am lebendigen Protoplasma beliebig unterdrückt und dann wieder in die normale Bewegung zurückgeführt werden können, um abermals durch ein kontrollirbares Agens sistirt und hernach wieder in lebendige Bewegung gebracht zu werden.

Wir sind im Stande, durch ein einfaches Experiment die lebendige grüne Pflanzenzelle, welche am lichten Tage aus Kohlensäure und Wasser bekanntlich fortwährend Zucker und Stärkemehl bildet, daran zu verhindern, daß sie diese Arbeit der Assimilation leistet.

Wir brauchen die grüne Pflanze blos in absolute Finsterniß zu versetzen und sie wird aufhören zu assimiliren, indeß alle anderen Lebensverrichtungen weiter vor sich gehen. Bringen wir dieselbe Pflanze nach einigen Stunden oder Tagen wieder ans Licht, so beginnt sie ihre Assimilationsarbeit von Neuem.

Mein Assistent und Freund, Dr. Ernst Overton, zeigt an Tausenden exakter Experimente, daß das lebendige Plasma in der Pflanzen- und in der Thierzelle der Reihe nach die Hauptfunktionen des Lebens einstellt, wenn gewisse chemische Substanzen von genau bekannter Zusammensetzung in gelöster Form dem lebendigen Plasma dargeboten werden.

Dieser Experimentator hat es in seiner Hand, die lebendige Pflanzen- oder Thierzelle in eine regelrechte Betäubung feinster Abstufungen zu versetzen derart, daß der Reihe nach folgende Lebensäußerungen unterbleiben, um später bei Entfernung des hemmenden Einflusses wieder zu erscheinen: erst verschwindet die Reizbar-

keit des lebendigen Plasmas, nach und nach hören auch die Bewegungserscheinungen im Plasma selbst auf, dann erlöscht das Vermögen der Assimilation, indeß immer noch Athmung stattfindet, endlich hört auch die Athmung auf und es tritt allmälig und unmerklich totaler Stillstand aller jener Vorgänge ein, die dem Mikroskopiker das Leben der Zelle charakterisiren.

Der Experimentator hat es in seiner Hand, die solcher Art behandelte Pflanzenzelle von den verschiedenen Stufen der Funktionseinstellungen wieder zum normalen Leben zurückzuführen.

Er hat es in seiner Hand, stundenlang und tagelang diese lebenden Zellen auf dem von ihm gewünschten Minimum von Lebensbethätigung zu halten.

Man könnte sagen: es steht in seiner Macht, die lebende Zelle wie eine zusammengesetzte Maschine zu behandeln, die der Maschinist ganz nach Belieben rasch oder langsam, ganz nach freiem Ermessen in ihrer ganzen Ausdehnung oder nur in einzelnen Theilen laufen lassen kann.

Overton hat gezeigt, daß zwischen dem Zustand vollster und ausgedehntester Lebensbethätigung einerseits und dem völligen Lebensstillstand anderseits, unmerkliche Abstufungen solcher Art existiren, daß der Mikroskopiker heute kein Kriterium kennt, um an seinem Instrument zeigen zu können: „Hier hört das Leben auf und hier ist der Tod eingetreten.“

Die Stufenleiter der Lebensenergie führt also unmerklich — schrittweise oder schichtweise vom Zusammengesetzten zum Einfachsten; der Tod ist nur die unterste Stufe in jener Skala, auf deren oberster Stufe durch einfache, kontrollirbare äußere Einwirkungen so ungemein komplizirte Gegenwirkungen hervorgerufen werden, daß man einen großen Spuk dort glaubte etabliren zu müssen, wo das einfältige und oberflächlich beobachtende Menschenhirn nicht alsogleich und ohne Mühe den natürlichen Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung erkennt.

Die Wissenschaft aber hat für eine spezifische Lebenskraft keinen Platz mehr; denn alles Leben entwirrt sich als eine — allerdings sehr komplizirte und stetsfort sich verändernde Kombination derjenigen Kräfte, die auch in der **leblosen** Natur wirksam sind.

XIV.

Geist und Materie — Tod und Unsterblichkeit.

Zwei Bibelworte als Motto. Die dualistische Weltanschauung von Geist und Materie. Der Monismus wird lebenskräftig durch die Vernichtung der Zweckmäßigkeitslehre. Das mechanische Geschehen in Natur und Sternenwelt. Die Abstufung in der „geistigen" Entwicklung der Organismen. Nur gradweise ist der Geist des Menschen verschieden von der „Seele" des Thieres und von dem Empfindungsvermögen der Moleküle und Atome. Gott ist gestorben, es lebe das Göttlich-Menschliche! Ueber Tod und Unsterblichkeit.

> Es gehet dem Menschen wie dem Vieh. Wie dieses stirbt, so stirbt er auch. Und sie haben alle einerlei Odem. Und der Mensch hat Nichts mehr, denn das Vieh. — Alles ist eitel. Es fährt Alles an Einen Ort. Es ist Alles von Staub gemacht und wird wieder zu Staub. Wer weiß, ob der Geist des Menschen aufwärts fahre und der Odem des Viehes unterwärts unter die Erde fahre?
>
> Prediger Salomon, Kap. III, V. 19—21.

> Wie ein Wasser ausläuft aus dem See und wie ein Strom versieget und vertrocknet: so ist ein Mensch, wenn er sich legt (zu sterben), und er wird nicht wieder aufstehen und nicht wieder erwachen, so lange der Himmel bleibet, noch wird er von seinem Schlaf erwecket werden. — — — — Meinst du, ein todter Mensch werde wieder leben?
>
> Hiob, Kap. XIV, V. 11—14.

Es waren sicherlich keine Betrüger, welche zum ersten Mal auf den Gedanken von einem unsterblichen Geist gekommen sind, sondern beschauliche Denker und ernste Träumer mit kindlicher Seele und kindlicher Beschränktheit im Erkennen der Dinge und Geschehnisse.

Wo sie das Natur- und Weltgeschehen nicht verstehen konnten, da setzten sie übernatürliche Kräfte und Gottheiten. Die Gedankenwelt der alten Kulturvölker war reich belebt von Göttern und Göttinnen: Schiller hat jenes Zeitalter in dem Gedichte: „Die Götter Griechenlands" beneidet. Jeder echte Dichter wird das

thun, weil die Phantasie da die allerschönsten Antworten auf die schwierigsten Fragen zu geben versuchte, die je ein denkendes und phantasirendes Menschengehirn in Bewegung versetzten.

Aber das Zeitalter der Naturforschung, das in unserem Jahrhundert eben erst recht seinen Anfang genommen hat, kennt auch gegenüber den Göttern Griechenlands kein Mitleid und gegenüber dem Zeitalter des Olympiers und der Meerschaumgebornen keinerlei Neid, ebenso wenig als wir einen Neid kennen gegenüber Jenen, die heute noch in althergelehrter Weise an der Unsterblichkeit der Menschenseele als dem letzten Noth-Anker im Schiffbruch des Lebens festzuhalten vermögen.

Die Unsterblichkeitsidee ist im Wesentlichen nichts Anderes als der Gedanke des Dualismus, der Zweiheit: Geist und Materie.

Die Naturwissenschaft dagegen führt uns zur **Einheit von Kraft und Stoff**, zum **Monismus**. Von einer Dreiheit will sie ebenso wenig etwas wissen, als vom Dualismus. Werden wir dabei unsere Rechnung finden?

Die alten Denker und Träumer erkannten auch ohne großen wissenschaftlichen Apparat, daß im Natur- und Weltgeschehen eine überwältigende Fülle von scheinbar Zweckmäßigem und Vernünftigem sich vollzieht. Vielen erschien diese Welt als das denkbar Beste, was überhaupt zu existiren vermöge. Darum kamen die Alten auf die Idee, daß hinter dieser „besten aller Welten" ein vernunftbegabtes Wesen als zweckmäßig schaffender Weltenmeister, als bewußter Geist über der unbewußten Materie, als höchste Vernunft über dem unvernünftigen Stoff, als „ewige Idee" über der vergänglichen Erscheinung stehe.

Diese Weltanschauung war ein kindlicher Irrthum, ein naiver Anthropomorphismus.

Die neuere Naturerkenntniß beweist, daß diese Welt, wie sie heute vor uns steht, durchaus nicht die beste aller denkbaren Welten ist. Mit der alten Zweckmäßigkeitslehre, mit der Teleologie, ist die Wissenschaft seit Darwin vollends abgefahren.

Die Entwicklungslehre warf den zweck- und zielbewußt schaffenden Götzen aus dem Laboratorium der Natur hinaus in das Reich der Fabeln und Träume mangelhaft unterrichteter Kinder. An tausend Enden erkannte man auch im Natur- und Weltgeschehen Unzweckmäßiges, Unvernünftiges, Unvollendetes, Mißrathenes, Gesetzwidriges.

Woher sollte dieses Unzweckmäßige, Unvernünftige, Unvollendete, Mißrathene und Gesetzwidrige kommen?

Sollte auch alles das gewolltes Werk der ewigen Idee, der Weltvernunft, das gewollte Werk eines göttlichen Baumeisters sein?

Wenn nicht — wessen Werk soll denn dies Unvernünftige sein?

Und welchem Schicksal fällt das Unzweckmäßige anheim, und das Unvernünftige, das Unvollendete, das Mißrathene und das Gesetzwidrige?

Darwin hat es uns gesagt und an allen Enden wird es bestätigt: Im Daseinskampf aller lebenden Dinge siegt das Bessere über das weniger Gute, siegt das „Zweckmäßige" über das Unzweckmäßige, das Gerathene und Vollendete über das Ungerathene und Unvollendete kraft der einfachsten Naturnothwendigkeit.

Im langsamen Entwicklungsgang der belebten Natur wird das Schwache, Fehlerhafte, Unvollkommene vorweg besiegt, ausgejätet. Für diesen Ausjätungsprozeß bedarf es keines vernunftbegabten höchsten Richters, keiner übernatürlichen Macht, keiner strafenden Nemesis im Sinne der Alten.

Diesen Ausjätungsprozeß besorgt die unbewußte Natur selbst, aus ureigener Kraft: was sich im Daseinskampf der Viel-zu-Vielen nicht bewährt — das geht unter im gleichzeitigen Sieg des Besseren. Das ist natürliches Schicksal, das ist nicht Vorsehung und Strafe, das ist einfaches Naturgeschehen im Wirken rein natürlicher Kräfte.

So ist man mit Gott und Teufel, mit Vorsehung und Gericht, mit Brahma, Vischnu und Schiwa fertig geworden.

Das Naturgeschehen ist das Fließen der Erscheinungsreihen unserer sichtbaren, den Sinnen wahrnehmbaren Welt, die allerdings **nicht das ganze Weltall** bedeutet, das nach unseren Denkregeln unendlich und ewig ist, während die unseren Sinnen zugängliche Welt eine mehr oder weniger beschränkte ist. Das menschliche Auge dringt mit Hilfe des Fernrohrs in Tiefen des Weltalls, die so ferne von uns liegen, daß ein Lichtstrahl, der doch per Sekunde 42 000 geographische Meilen durchläuft, nicht weniger als 10 Millionen Jahre gebrauchte, um von der äußersten Grenze dieser sichtbaren Welt bis zu uns zu gelangen. Und gegenüber der Unendlichkeit ist allerdings diese sichtbare Erden- und Sternenwelt nur eine Kleinigkeit, nicht einmal ein Tropfen am Eimer. Was darüber hinaus liegt, davon wissen wir nichts und werden wir niemals

was Richtiges erfahren. Es existirt für unsere Sinne nicht und kann natürlich für unser Denken außer Betracht fallen, da von dort her uns weder Böses noch Gutes droht.

Vom Jenseits unserer sinnlich wahrnehmbaren Welt ist nach den bisherigen Erfahrungen der Wissenschaft noch keinerlei nachweisbarer Einfluß auf unsere wirkliche Welt der Erscheinungen bewiesen worden.

Auf unserer kleinen Erde, wie am sichtbaren Sternenhimmel sind bis jetzt nur natürliche Kräfte beobachtet worden. Am gestirnten Himmel haben die Astronomen und Physiker bis heute keine anderen Kräfte, keine anderen Gesetze der Bewegungen wahrgenommen, als wie sie auf unserer Erde sich im Naturgeschehen heute noch geltend machen. Ueberall im gestirnten Himmel walten dieselben Gesetze der Schwere und der Centrifugalkraft, wie auf Erden. Wer dort nach Wundern, nach Durchbrechungen von Naturgesetzen suchte, würde sie nicht finden und wer dort Gott suchte als einen Wunderthäter, der berufsmäßig die Naturgesetze durchbräche, der müßte an seiner Aufgabe verzweifeln: er würde nicht Gott finden, sondern stetsfort dieselben Gesetze der Bewegung kraftbegabter Materie.

Im Weltall ist kein Geist zu finden, der über dem Stoff oder der Materie stünde und unabhängig wäre von dieser kraftbegabten Materie.

Aber der kleine Mensch stellt sich mitten in der irdischen Natur auf einen Schemel und auf hohe Stelzen, ausposaunend mit aufgetriebenen Backen: ich bin ein zwiefach Wesen: hinfällig an Leib, **„unsterblich an Geist“** — wenn sie einst den Leib begraben werden, so wird der unsterbliche Geist, das Wesentlichste über dem hinfälligen Stoff, als der schweren Schlacke, triumphiren und wird der Geist lebendig bleiben ewiglich.

Um des menschlichen Egoismus willen, um dieser unermeßlichen Selbstsucht willen, die sich nicht in die Schranken des großen Naturgeschehens fügen will, ward ein Wesen gesetzt, das **nicht ist**: ein traumhaft Gebilde, das vor den Denkgesetzen jedes unbefangenen Forschers in einen leeren Begriff zusammensinkt: der von der Materie unabhängige Geist, der bei jedem Erdgeborenen wohl einen Anfang, aber kein Ende haben soll.

Dieser stolze Mensch übersah, woher er gekommen ist und was er von Natur aus wirklich ist.

Heute sagt ihm die Wissenschaft von den lebendigen Naturkörpern, daß Pflanze, Thier und Mensch einerlei Staub sind, daß sie einerlei Odem haben und daß sie wieder in einerlei Staub zurückverwandelt werden.

Hätte der Mensch einen unsterblichen, immateriellen — von der Materie unabhängigen Geist, der ohne eine stoffliche Unterlage sein Dasein im „Jenseits" fortzuführen vermöchte: so müßten auch alle anderen Lebewesen unsterbliche Seelen haben; denn der Mensch besteht aus lebendigen Zellen und Protoplasmakörpern, die im Wesentlichen mit den Zellen und Protoplasten aller anderen Lebewesen so übereinstimmen, daß zwischen dem Leben der Einzelzelle eines Thieres oder einer Pflanze und dem Leben der Einzelzelle des Menschenleibes kein derartiger Unterschied besteht, um in die eine Zelle einen Faktor der Unsterblichkeit, in die andere Zelle die ewige Vernichtung setzen zu dürfen.

In seiner klassischen Rede auf der fünfzigsten Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu München (September 1877), welche Rede von den Schranken der naturwissenschaftlichen Erkenntniß handelt, zeigt Nägeli auf die allgemeine Erfahrung, „daß von dem klaren Bewußsein des Denkers durch das dunklere Bewußtsein des Kindes zur Bewußtlosigkeit des Embryos (des Keimes im Mutterleib) und zur Gefühllosigkeit des menschlichen Eies — durch das dunklere Bewußtsein unentwickelter Menschenrassen und höherer Thiere zur Bewußtlosigkeit der niederen Thiere und Sinnpflanzen und zur Gefühllosigkeit der übrigen Pflanzen eine allmälige Abstufung ohne vollziehbare Grenze statt hat und daß die nämliche Abstufung von dem Leben des thierischen Eies und der Pflanzenzelle durch mehr oder weniger leblose organisirte Elementargebilde (Theile der Zelle) zu den Krystallen und chemischen Molekülen sich fortsetzt." — — Leben und Gefühl sind nur Eigenschaften, die den Eiweißmolekülen, aus denen das Protoplasma der pflanzlichen, der thierischen und der menschlichen Zellen aufgebaut ist, unter besonderen Umständen zukommen. „Dem entsprechend zeigt uns die Erfahrung, daß das „„Geistesleben"" überall auf das Innigste mit dem Naturleben zusammenhängt, daß das eine das andere beeinflußt und ohne dasselbe nicht bestehen kann. Es ist daher nothwendig, daß, wie überall in der Natur Kräfte und Bewegungen nur an die Stofftheilchen gebunden sind, auch die geistigen Kräfte und Bewegungen dem Stoffe anhaften, mit anderen Worten, daß sie

(die sogenannten geistigen Kräfte) aus den allgemeinen Kräften und Bewegungen der Natur zusammengesetzt sind und nach Ursache und Wirkung mit denselben zusammenhängen."

Wir haben gesehen, daß das lebendige Protoplasma aller Zellen, seien sie pflanzlicher oder thierischer Natur, reizbar ist und auf äußere Einflüsse hin mit eigenartigen Bewegungen reagirt, also äußere Einwirkungen empfindet. Im höchst organisirten Thier — im Menschen — weckt die Empfindung entweder einen Zustand des Wohlbehagens, oder einen Zustand des Mißbehagens, ein Gefühl der Lust, der Freude, des Glückes oder ein Gefühl der Unlust, des Schmerzes, des Unglückes. Diese wechselnden Gefühle der Lust und Unlust, der Freude und des Schmerzes werden ursächlich bedingt durch die Befriedigung oder Nichtbefriedigung der Triebe. Weil erfahrungsgemäß alle materiellen Vorgänge und Geschehnisse aus Bewegungen der Atome und Atomgruppen zusammengesetzt sind, weil also die Reizempfindung und ihre gesetzmäßige Folge, das ist das Gefühl der Lust und Unlust, mit den Bewegungen der Atome und Moleküle in ursächlichem Zusammenhang steht: so müssen Freude und Schmerz, Lust und Unlust in diesen kleinsten Theilchen der kraftbegabten Materie ihren Sitz haben.

Es giebt keine andere vernünftige Schlußfolgerung aus diesen Geschehnissen, als die: daß die Eiweißmoleküle des Protoplasmas in jeder lebendigen Zelle das Vermögen besitzen, Lust oder Unlust zu empfinden.

Der Physiologe wie der Chemiker gelangt durch Erfahrungen, in allen denkbaren Experimenten zu dem weiteren Schlusse, daß alle kleinsten Stofftheilchen, also alle Atome der materiellen Welt die Eigenschaft haben, etwas wie Lust und Unlust, Freude oder Schmerz zu empfinden. Der Physiker zeigt an Hand von Messungen und Wägungen, daß jedes einzelne Atom oder jedes Molekül unter der Einwirkung von Kräften und Eigenschaften der benachbarten Stofftheilchen steht und selbst wieder auf die benachbarten Atome und Moleküle einwirkt, also nicht nur Reize empfängt, sondern auch Reize ausübt in Gestalt von Anziehungen und Abstoßungen.

Zwei Atome verschiedenartiger Elemente, welche nahe beisammen im Raume liegen, erhalten von einander gegenseitig Kunde über ihr beiderseitiges Wesen. Da sie sich entweder gegenseitig an-

ziehen oder gegenseitig abstoßen, so bekunden sie Neigungen und Abneigungen, Liebe und Haß. Der Chemiker hat es in der Hand, für viele Atome verschiedenartiger Elemente die äußeren Verhältnisse so zu gestalten, daß jene sich zu vielatomigen Molekülen vereinigen in komplizirte chemische Verbindungen.

Derselbe Chemiker hat es aber auch in der Hand, diese vielatomigen Moleküle aus ihrer „Gruppenehe" zu trennen und in kleinere Verbände aufzulösen. Je zahlreicher die in ein großes Molekül vereinigten Atome verschiedenartiger Elemente sind, desto weniger haltbar ist das Band dieser Gruppenehe. Organische Substanzen, deren Moleküle aus mehreren Elementarstoffen und Hunderten oder Tausenden von Atomen aufgebaut sind, wie z. B. die eiweißartigen Verbindungen, haben bekanntlich die Eigenschaft, leicht zu zerfallen in einfachere Verbindungen.

Der Grad der Beständigkeit verschiedenartiger chemischer Verbindungen ist also sehr verschieden; er hängt aber nicht allein von der Kopfzahl der verschiedenartigen Element-Atome, sondern auch von der Art der Gruppirung, der gegenseitigen Stellung der Atome im Molekül ab. Eine feine Abstufung führt von den festgefügtesten Atomgruppen durch unzählige Zwischenglieder zu den lockersten Verbindungen. Die Treue des Zusammenhaltes variirt nach Maßgabe der Atomeigenschaften und nach der Anzahl und gegenseitigen Lage der zum Molekül vereinigten Element-Atome. „Die einfachsten Organismen, die wir kennen, die Moleküle der chemischen Elemente und Verbindungen, werden gleichzeitig von mehreren qualitativ und quantitativ verschiedenen Empfindungen bewegt — (von Zug- und Druckkräften, welche die einen Atome beleidigen, während gleichzeitig andere Atome befriedigt werden) — von Empfindungen, die sich zu einer Gesammtempfindung der Lust und des Schmerzes zusammensetzen.

„Wir finden somit auf der niedersten und einfachsten Stufe der Stofforganisation wesentlich die nämlichen Erscheinungen, wie auf der höchsten Stufe, wo sie uns (im Menschen) als bewußtes Empfinden entgegentreten. Die Verschiedenheit ist nur gradweise; auf der höchsten Stufe sind die Affekte infolge der reichen Gliederung nur viel zusammengesetzter und feiner und infolge massenhafter Zusammenordnung der Stofftheilchen viel lebhafter geworden.

„Geistige Kraft ist das Vermögen der Stofftheilchen, auf einander einzuwirken." (Nägeli.) Solcher Art ist die dem Naturforscher

kraft seiner Beobachtung und Erfahrung gewordene Ueberzeugung, daß er sich sagen muß: Das nämliche geistige Band schlingt sich durch alle materiellen Erscheinungen. Die von den Atomen nicht abtrennbaren Kräfte, welche nichts Anderes bedeuten als die Eigenschaften der Materie, wonach Atom auf Atom nach mathematischen Gesetzen einwirkt, diese **natürlichen Kräfte sind es, welche in ihrer Aktion dasjenige zusammensetzen, was wir Geist nennen.**

Klar und bündig faßt Nägeli, einer der genialsten physiologischen Forscher unseres Jahrhunderts, das Resultat seiner Lebensarbeit in die trockenen Worte zusammen: „Der menschliche Geist ist nichts Anderes als die höchste Entwicklung der geistigen Vorgänge, welche die Natur überall beleben und bewegen auf unserer Erde.

„Wie der Stein nicht zur Erde flöge, wenn er die Anwesenheit der Erde nicht empfände, so würde auch der getretene Wurm sich nicht krümmen, wenn ihm die Empfindung mangelte, und das Gehirn würde nicht vernünftig handeln, wenn es ohne Bewußtsein wäre."

Nur gradweise unterscheiden sich die sogenannten geistigen Vorgänge im Hirn des Menschen von den Vorgängen in den Ganglienzellen der Ameise, des Regenwurmes, der Spinne — und weiter hinunter von den Vorgängen im reizbaren Protoplasma des einzelligen Infusors, wie von den Vorgängen im lebenden Plasma einer Pflanzenzelle.

Der menschliche Geist ist nur eine Erscheinungsform komplizirt zusammenwirkender Kräfte in den plasmareichen Hirnzellen.

An die Entwicklung des Hirnes ist auch die Entwicklung des Geistes gebunden. Da die Entwicklung des menschlichen Hirnes, wie wir gesehen haben, nur die Fortsetzung der Hirnentwicklung unserer thierischen Vorfahren darstellt, so erscheint der menschliche Geist uns nur als eine Weiterentwicklung seelischen Vermögens der Thierwelt.

In der That giebt es keine Fähigkeit, keine Eigenschaft, kein Vermögen des menschlichen Geistes, was nicht in der Anlage schon bei den unter uns stehenden Thieren vorhanden wäre.

Wer zweifelt heute noch an der Existenz verständiger und vernünftiger Thiere? Liebe, Treue, Freundschaft, Haß, Neid, Rachsucht,

Eifersucht, Ehrgeiz, Besitzessucht, Habgier, Geiz, Herrschsucht einerseits und Sklavensinn anderseits, Schamhaftigkeit und Opferwilligkeit und wie sie alle heißen die Fähigkeiten des menschlichen Geistes — sie sind schon in der Thierwelt vorgezeichnet, zum Theil sogar bei verschiedenen Thieren weiter entwickelt als beim Menschen.

Des Menschen Seele ist nur die weitergediehene Thierseele.*

Wie diese letztere mit dem Protoplasma stirbt, so verschwindet auch jene bei eintretendem Tod der Hirnzellen.

Es ist kein Unterschied zwischen dem Absterben eines Menschenhirnes und demjenigen eines anderen höheren Thieres. Mit der stofflichen Unterlage zerfällt in beiden Fällen auch das Vermögen jener eigenartigen komplizirten Molekularbewegungen, die als geistige Kapazität dem lebenden Hirne eigen sind.

Solcher Art ist die Auffassung des wissenschaftlichen Materialismus, der nirgends Geist findet, als wo Materie in Bewegung, der aber auch überall in der todten wie in der lebendigen Natur die unvernichtbare Einheit von kraftbegabter Materie erkennt, hinter welcher oder über welcher kein metaphysisches Wesen mehr seinen Spuk treibt.

Der **Monismus** hat den **Dualismus** vollends besiegt.

Und wir stehen nun in der Geschichte der Menschheitsentwicklung auf jenem Punkte, wo sich unser Geist, unser auf materiellen Vorgängen beruhendes Bewußtsein klar darüber zu werden hat, daß der alte Gott, daß der Gott der Alten gestorben ist.

---

* Ich sehe voraus, daß allerlei Kritik über diesen Satz herfallen wird. Den Gegnern jener Auffassung, wonach die Menschenseele nichts Anderes als die weitergediehene Thierseele ist, gebe ich folgende Thatsachen zu bedenken: Es giebt Menschen, sogar Kulturmenschen, welche Hunderttausende ihrer Mitbrüder im legitimen Massenmord vernichten; diese Menschen sind Brüder von notorischen Menschenfressern, wie wir sie noch heute auf manchen Inseln des Stillen Ozeans antreffen. Beiderlei Mörder haben einerlei Menschengeist — Niemand leugnet das! Wo habt Ihr aber jemals von Affen gehört, die sich gegenseitig im kriegerischen Massenmord vernichteten? wo habt Ihr jemals gesehen, daß Schimpanzen oder Gorillas ihre eigenen Brüder fressen? Und Affen sind doch notorisch Thiere! Seien wir doch ehrlich und setzen wir den selbstvergötterten Menschen dorthin, wohin er gehört! Wir sind erst in der Menschwerdung begriffen. Streifen wir nur erst einmal alles Bestialische ab, ehe wir verächtlich auf die Thierwelt niederblicken!

Le roi est mort! Vive le roi! Der König ist todt! Es lebe der König! — So rief man einst am Todtenbett der Herrscher, den kommenden König, den Nachfolger zu grüßen.

Gott ist gestorben! Es lebe das Göttlich-Menschliche!

Der Gottesgedanke war Menschengedanke. Er kam nicht als Offenbarung vom Himmel herab in des Menschen Seele, sondern er entwickelte sich allmälig aus dem idealen Drang des aufkeimenden Menschenbewußtseins, die Welt der Erscheinungen nach Ursache und Wirkung kennen zu lernen. Da die Kenntnisse des ungeschulten Menschengeistes noch nicht hinreichten zum Erkennen der Kette von natürlichen Ursachen und Wirkungen, so setzte man einen Allerweltslückenbüßer dorthin, wo das Verstehen eine Lücke zeigte.

Die wissenschaftliche Erkenntniß — sagen wir es nur gleich frei und offen vor aller Welt heraus! — *weiß nichts von Gott* und übernatürlichen Geschehnissen. Die Wissenschaft hört überall dort auf, wo das Glauben anfängt und der Glaube hat nur dort seine Berechtigung, wo das Wissen aufhört.

Der menschlichen Erkenntniß steht die ganze *Natur* zur Verfügung, das ist derjenige Theil des Weltganzen, von dem uns die Sinne Kunde geben. Das ist die Domäne des Wissens, aus welcher die Gründe des Glaubens hinausgeworfen wurden in das dem menschlichen Geist unfaßbare Gebiet des unendlichen Weltalls.

Hier aber, in der sichtbaren und meßbaren Welt der irdischen Natur und der Sternenwelt herrschen nur die Gesetze der Bewegung kraftbegabter Materie. Hier ist Ordnung zu finden, wenn auch ohne Vernunft. Hier herrscht das Kausalitätsprinzip, die eiserne Nothwendigkeit von Grund und Folge, natürlicher Ursache und ebensolcher natürlicher Wirkung, die wiederum zur Ursache einer zweiten ebenso natürlichen Wirkung wird.

Für Wunderglauben giebt's in dieser sichtbaren Welt absolut keinen Raum mehr; denn das Wunder wäre eine Durchbrechung der natürlichen Ordnung, von welcher die Wissenschaft noch in keinem einzigen Falle sichere Kunde erhalten hat.

Wenn nun aber gerade „das *Wunder* des Glaubens liebstes Kind" ist — was dann?

Die Antwort liegt auf der Hand: Für Wissen und Glauben giebt's in Dingen des wirklichen Geschehens keine gemeinsame Domäne. Das Eine wird allezeit der Feind des Anderen sein, sobald es sich um Geschehnisse in der den Sinnen zugänglichen Welt handelt.

Was darüber hinaus liegt — was jenseits des hintersten Sternes, der uns noch sein Licht zuzusenden vermag — was unseren Sinnen unzugänglich, das allein und weiter nichts kann Gegenstand des Glaubens, kann niemals Gegenstand des Wissens sein. Dort mögen dieselben Kräfte und Gesetze walten, wie hier, oder es mögen dort Götter und gefallene Dämonen ihren kalten Sitz haben: wir wissen es nicht und beunruhigen uns deshalb auch nicht.

Hat Jemand sein metaphysisches Bedürfniß, von Dingen zu träumen, zu fabuliren, zu dichten oder zu malen, die jenseits der Grenzen unserer sinnlich wahrnehmbaren Welt liegen, von welcher wir nie etwas wissen können: so mag er das auf seine eigene Rechnung und zu seinem Vergnügen thun! Das Glauben an Dinge und Geschehnisse, die niemals Gegenstand des Wissens sein können, ist und bleibt Privatsache. Solchen Glauben aber Anderen aufzwingen wollen, ist absurd.

Für uns Andere, die wir uns des Glaubens entschlagen haben, ist die wirkliche Welt der Erscheinungen und Geschehnisse vornehm genug, um uns mit der Ordnung ihrer Gesetze, sobald wir sie erkannt haben, in guten Treuen und wahrer Freundschaft abzufinden.

Wir erschrecken nicht über der Thatsache, daß die Wissenschaft von einer Unsterblichkeit des Geistes nicht nur nichts weiß, sondern diese Unsterblichkeit schlechterdings als Unmöglichkeit hinstellt.

Wir erschrecken auch nicht vor dem Begriff und Wesen oder Unwesenheit des Todes. Denn dem Wissenden ist der Tod stachellos.

Der **Tod** ist nur ein Begriff, nicht ein wirkliches, ein reelles Ding oder eine Individualität: er bedeutet das **Aufhören** der Lebenserscheinungen **ohne Wiederkehr** bei demselben Individuum.

Wohl haben die Menschen den Tod personifizirt: der muskellose Sensenmann mit den klappernden Zähnen und schlotternden Knochen ist uns aus Bildern genugsam bekannt.

Die alten Griechen stellten den Tod als schönen Jüngling mit gesenkter Fackel dar.

Nach spätchristlicher Auffassung wurde der Tod als Teufel personifizirt, der am Sterbebett des sündhaften Menschen aufpaßt, daß ihm im geeigneten Moment nicht das Seelchen entwische.

Durch diese symbolischen Darstellungen des Todes ist es dahin gekommen, daß der Begriff Tod eine unheimliche Macht geworden

ist, vor welcher der gläubige Christ das Kreuz schlägt, vor welcher Kind und Greis erzittern, vor welcher die Kirche Altäre aufgerichtet und einen **dunkeln** Palast aus Lehrsätzen und Glaubensartikeln erbaut hat.

* * *

Im Naturgeschehen der Lebewelt sind zwei Arten von Tod wohl zu unterscheiden:

a. Der gewaltsame, vorzeitige, durch äußere Momente herbeigeführte Tod: er bedeutet die **Vernichtung** eines unter normalen Bedingungen zur Weiterdauer befähigten Lebens. In der Pflanzen- und Thierwelt ist diese Todesart häufiger als die andere:

b. Der Tod in Folge von Altersschwäche, das glückliche und natürliche Ende des **lebensmüden** Organismus. Greise nennen ihn Erlösung und sehnen solchen Lebensabschluß herbei, sofern man ihnen nicht die Hölle heiß gemacht hat.

Die Erfahrung lehrt, daß alle **höheren** Pflanzen und Thiere der einen oder der anderen **Todesart** verfallen.

Anders verhält es sich bei denjenigen einzelligen Thieren und Pflanzen, die sich nur ungeschlechtlich durch **Theilung** fortpflanzen.

Da gehen bekanntlich die Elterzellen mit allen ihren Theilen in der Bildung der Kindzellen auf. Hier, an der untersten Grenze des Reiches der Lebewesen, giebt es eigentlich keinen Tod in Folge von Altersschwäche; denn die Vorfahren leben leibhaftig in ihren Kindern und Enkeln fort.

Der **Tod** in Folge von **Altersschwäche** ist eigentlich erst dann in der Lebewelt möglich geworden, als sich aus einzelligen Wesen **mehr**zellige bildeten, bei denen eine Scheidung in verschiedene Organe stattfand:

a. in Organe für das sogenannte **vegetative Leben**: Ernährung, Wachsthum, Stoffwechsel;

b. in Fortpflanzungsorgane, deren Aufgabe darin besteht, die Keimplasmen in geeigneter Form und Masse zusammenzuführen zur Zeugung einer neuen Generation.

Die ins Absurde geführte Lehre vom Sündenfall im Paradies, wie sie z. B. von den Mystikern der Jacob Böhme'schen Schule ausgebildet wurde und wonach erst mit dem „Essen vom

Baum der Erkenntniß" der Tod in die Welt gekommen, würde vom Standpunkt der vergleichenden Entwicklungsgeschichte sonach eine **eklatante Bestätigung** finden; denn mit der Bildung und Bethätigung eines **besonderen**, nur der Zeugung dienenden Protoplasmas, des sogenannten **Keimplasmas**, hatte die Natur Alles erreicht, um das Fortdauern der Pflanzen- und Thierarten sicher zu stellen, auch wenn die einzelnen Individuen nach erlangter Geschlechtsreife und nach vollzogener Zeugung einer neuen Generation mehr oder weniger bald vom Schauplatz der Schöpfung verschwanden.

In der That kann die Natur kein Interesse mehr daran haben, daß Pflanzen und Thiere, die schon Nachkommen gezeugt haben, weiter-, sogar ewig leben. Im Gegentheil: der Tod erscheint hier sogar für den Bestand der Art und deren Weiterentwicklung als nützlicher Faktor.

Bei vielen tausend Pflanzen- und Thierarten sterben die **Eltern**, sobald sie eine **neue Generation** gezeugt haben.

Der Schmetterling stirbt, sobald die befruchteten Eier gelegt sind, der Maikäfer stirbt, sobald das Zeugungsgeschäft erledigt ist. Und bei Tausenden von Insekten und Spinnen ist dasselbe der Fall.

Die Sonnenblume stirbt, sobald die Samen reif sind. Dasselbe gilt von allen einjährigen Pflanzen, vom Tabak, von der Gartenwinde, von der Resede, von der blauen Kornblume.

In jedem Samen dieser Pflanzen findet sich ein durch geschlechtliche Befruchtung gezeugter Keim, eine neue Pflanze. In vielen Fällen stirbt die **männliche** Pflanze früher als die weibliche Pflanze, nämlich sobald die Bestäubung vollzogen ist, z. B. beim Hanf. Die weibliche Pflanze lebt noch einige Zeit weiter, weil sie den neuen Keim noch einige Zeit zu ernähren oder gar noch mit einem Vorrath von Nahrungsmitteln zu bepacken hat.

Hier haben wir schon eine Art von **Brutpflege**, die das Längerbleiben der Mutterpflanze als nützlich erscheinen läßt.

Bei den **höheren Thieren** und beim **Menschen** erweist sich das Weiterleben der Eltern **über** die Zeit der vollzogenen **Zeugung** hinaus als **nützlich** wegen der **Brutpflege** und **Erziehung**.

Das Märchen vom Stamme der **Asra**, dessen Angehörige sterben, sobald sie lieben, ist für alle höheren Thiere und den Menschen eine **Lüge** aus physiologischen Gründen.

Aber sobald für die Zeugung und Sicherung **der jungen Brut** gesorgt ist, erlischt auch vom Nützlichkeitsstandpunkt aus für den Haushalt der lebendigen Natur die Daseinsberechtigung. Die nicht mehr zeugungsfähige Pflanze und das nicht mehr zeugungsfähige Thier, das die Fortpflanzung **und Brutpflege erledigt** hat, erscheint als weiterhin unbrauchbar gewordene **Schlacke** im naturökonomischen Entwicklungsgang.

Da erweist sich nun die Natur unter normalen Verhältnissen als **barmherzig**. Sie läßt über die alternden Lebewesen jene **Müdigkeit** kommen, welche als langsam zunehmende **Altersschwäche** den **Tod** als **willkommenen** Abschluß begrüßen macht.

Die alternde Zelle, der alternde Organismus vermag nicht mehr zu erneuern, was ihm durch den Stoffwechsel bei allen Lebensvorgängen fortwährend entzogen wird.

Der Manco ist erst klein und unscheinbar; er wächst aber und wird ansehnlicher, bis der ganze — im Lebenskreislauf **gesetzmäßig** arbeitende **Chemismus stille steht** und einer Reihe anderer Vorgänge Platz macht, welche die völlige Auflösung des ganzen Individuums bedeutet.

Bei den an Altersschwäche sterbenden Lebewesen ist es oft schwer zu konstatiren, **wann** der Tod eintritt. Oft stellt ein Organ langsam nach dem anderen seine Funktionen ein, indeß andere Organe noch weiter leben.

Das ist ein stückweises Sterben, auch ein unmerkliches Erlöschen dessen, was wir **Geist** nennen.

Hiob hat dies trefflich gezeichnet in den Worten: „Wie ein Wasser ausläuft aus dem See und wie ein Strom versieget und vertrocknet: so ist ein Mensch, wenn er sich sterbend niederlegt.“

Für den **Menschen** bedeutet der Tod das **Verschwinden** des **Bewußtseins**, das ja ohne lebendiges, gesundes Hirn nicht denkbar ist.

Die Wissenschaft sieht keine Möglichkeit, daß „Geist“ oder Bewußtsein nach dem Zerfall des Hirnes weiter soll existiren können.

Ist diese Erkenntniß eine so schreckliche, daß wir den natürlichen **Tod fürchten** müssen??

Wer ist's unter uns, der den **Schlaf** fürchtet, weil er unser Bewußtsein aufhebt?

Ist es nicht umgekehrt für den Tagesmüden eine Freude, eine Lustempfindung, wenn er die Schatten der Nacht herabkommen

sieht, der schlafbringenden Nacht, die den Schleier der Bewußtlosigkeit über ihn ausbreitet?

Das Sterben des Lebensmüden ist der Uebergang zum **traumlosen Schlaf** ohne Wiedererwachen.

Der **Tod** ist das **Versickern des Bewußtseins** in den ordnungslos auseinander tretenden Haufen zerfallender **Plasma-Moleküle.**

Damit ist denn auch die Frage unserer **Unsterblichkeit** gelöst, aber ganz im **gegentheiligen** Sinne der landläufigen Weltanschauung:

Das Einzige, was an und in uns existirt — das ist die kraftbegabte Substanz; diese ist **ewig, unzerstörbar.**

Ein Theil dieser Substanz, das **Keimplasma,** lebt mit der ihr eigenartigen Bewegung in unseren Kindern und Enkeln fort. Die Lebensdauer dieser materiellen und gesetzmäßig geordneten Substanz erscheint in der Zeugungsreihe der aufeinanderfolgenden Generationen als **Unbegrenztes, Fortdauerndes,** als **Unsterbliches.**

Eine **andere** Unsterblichkeit unseres **Eigenwesens** kennen wir nicht.

Der andere Theil unserer wirklichen Substanz wird mit dem Tod wieder an die Allgemeinheit der leblosen Natur **zurückgegeben** und wird **weiter kreisen** im ewigen Wechsel der Erscheinungen. **Verloren** geht von uns Nichts. Es wechselt einzig die Form, unter welcher die Materie in die Erscheinung tritt.

Relativ neueren Datums in der Geschichte des Menschengeschlechts ist der Gedanke an die persönliche Fortdauer nach dem Tode. Dieser Gedanke — so schön und verlockend er sein mag — war ein großer **Irrthum** der menschlichen Phantasie und in seinem Gefolge kamen andere, unheilvolle Irrthümer, von denen einige bereits wieder überwunden wurden: der Teufelsglaube, der Hexenglaube, der Glaube an wiederkehrende Geister.

Der alte Unsterblichkeitsgedanke wird von der Wissenschaft ebenfalls **überwunden** werden. War er für **Kirche** und **Monarchie** ein **Gängelband,*** an welchem man ein schwaches

* Hobbes sprach den Fürsten das Recht zu, einen allgemeinen Aberglauben durch fürstliches Machtgebot zur Religion zu erheben. Und der schlaueste aller Philosophen, dessen Hohnlachen über der thörichten Menschenwelt einem Freudegewieher aller Götter gleichkam: Voltaire meinte, daß der Glaube an Gott erhalten werden müsse, auf daß die Bauern ihre Pacht und Zinsen und Steuern bezahlen.

Menschengeschlecht zu führen verstand: so wird die wissenschaftliche Erkenntniß der Wahrheit im Natur- und Weltgeschehen die treibende Kraft sein, um die ganze Menschheit zur **Freiheit und Glückseligkeit** zu führen.

Freiheit von allem Wahn und von aller Knechtseligkeit!

Freiheit im Ausblick über das Ganze unserer sichtbaren Welt und Freiheit im Einblick über die Gründe unseres Daseins und unseres Vergehens! Das bedeutet leibhaftige Glückseligkeit für *diese* Zeit, da wir *wirklich* sind: Glieder in der langen, unabsehbaren Kette derer, die da waren und derer, die noch sein werden, wandelbare Gestalten der wandelbaren Materie und der wandelbaren Kräfte, von denen weder die eine noch die andere vernichtet wird, indeß die Formen und Gestalten ewig wechseln, so lange wirkliche Dinge gewesen sind und wirkliche Dinge sein werden. Wechsel der Form in Substanz und Kraft — das ist unser Leben. Sein Schwinden ist nicht *Verschwinden*, sondern nur *Formveränderung* der kraftbegabten Materie, die ewig unzerstörbar und — weil fortwährend in Bewegung — ewig lebendig bleiben wird.

Epilog an die Natur.

Natur! Ungebeten und ungewarnt nimmt sie uns in den Kreislauf ihres Tanzes auf und treibt sich mit uns fort, bis wir ermüdet sind und ihrem Arm entfallen. Sie schafft ewig neue Gestalten; was da ist, war noch nie; was war, kommt nicht wieder.

Es ist ein ewiges Leben, Werden und Bewegen in ihr. Sie verwandelt sich ewig und ist kein Moment Stillstehen in ihr.

Sie hat mich hereingestellt; sie wird mich auch herausführen! Ich vertraue mich ihr. (*Goethe.*)

Naturwissenschaftliche Werke.

Weltschöpfung und Weltuntergang. Die Entwicklung von Himmel und Erde auf Grund der Naturwissenschaften populär dargestellt von **Oswald Köhler.** Mit 64 Abbildungen und 2 Sternkarten. Vierte Auflage. XVI und 464 Seiten. Preis gebd. Mk. 3.50. Auch in 15 Heften à 20 Pfg. zu beziehen.

Die Geschichte der Erde. Von **R. Bommeli.** Mit vielen Illustrationen und 3 Karten. XX und 684 Seiten. Preis gebd. in Prachtband Mk. 5.90. Auch in 22 Heften à 20 Pfg. zu beziehen.

Der Mensch und seine Rassen. Von Dr. **Bernhard Langkavel.** Mit 4 Chromobildern (Menschenrassen), 38 Vollbildern und 298 in den Text gedruckten Illustrationen. XVI und 644 Seiten. Preis gebd. in Prachtband Mk. 5.50. Auch in 20 Heften à 20 Pfg. zu beziehen.

Die Pflanzenwelt. Das Wissenswertheste aus dem Gebiete der allgemeinen und speziellen Botanik. Von **R. Bommeli.** Mit ca. 400 Abbildungen und 12 Farbentafeln. XVI und 632 Seiten. Preis gebd. in Prachtband Mk. 5.50. Auch in 20 Heften à 20 Pfg. zu beziehen.

Die Thierwelt. Eine illustrirte Naturgeschichte der jetzt lebenden Thiere. Von **R. Bommeli.** Mit ca. 600 Abbildungen und 12 Farbentafeln. XXIV und 888 Seiten. Preis gebd. in Prachtband Mk. 7.10. Auch in 28 Heften à 20 Pfg. zu beziehen.

Die Darwin'sche Theorie. Von **Edward Aveling.** Zweite, illustrirte Ausgabe mit Porträt und Biographie Darwin's. VIII und 272 Seiten. Preis gebd. Mk. 2.—

Historische Werke.

Großer deutscher Bauernkrieg. Von Dr. **Wilhelm Zimmermann.** Reich illustrirte Volksausgabe. XVI und 816 Seiten. Preis gebd. in Prachtband Mk. 6.70. Auch in 26 Heften à 20 Pfg. zu beziehen.

Die französische Revolution. Volksthümliche Darstellung der Ereignisse und Zustände in Frankreich von 1789 bis 1804. Von **Wilhelm Blos.** Mit vielen Porträts und historischen Bildern. VIII und 632 Seiten. Preis gebd. in Prachtband Mk. 5.50. Auch in 20 Heften à 20 Pfg. zu beziehen.

Die deutsche Revolution. Geschichte der deutschen Bewegung von 1848 und 1849. Von **Wilhelm Blos.** Mit vielen Porträts und historischen Bildern. VIII und 672 Seiten. Preis gebd. in Prachtband Mk. 5.70. Auch in 21 Heften à 20 Pfg. zu beziehen.

Die Geschichte der Kommune von 1871. Von **Lissagaray.** Zweite vom Verfasser autorisirte und durchgesehene illustrirte Ausgabe. Mit einem Nachtrag: Die Vorgeschichte und die inneren Triebkräfte der Kommune. Von **Stanislaus Mendelson.** XVI und 550 Seiten. Preis gebd. Mk. 3.50. Auch in 14 Heften à 20 Pfg. zu beziehen.

An den geehrten Leser.

Der ergebenst unterzeichnete Verlag beginnt mit dem vorliegenden Heft die gesammelten Vorträge und Aufsätze des Herrn Professor Dr. A. Dodel unter dem Titel **„Aus Leben und Wissenschaft"** herauszugeben. Der häufig dem Verfasser und auch dem Verleger geäußerte Wunsch, diese hochinteressanten Vorträge durch eine Lieferungs-Ausgabe einem größeren Publikum zugänglich zu machen, soll hiermit erfüllt werden.

Das Ganze ist in drei Theile getheilt.

Der erste Theil umfaßt: **Leben und Tod.** Illustrirt. Zum ersten Mal veröffentlicht. (Circa 20 Bogen.)

Der zweite Theil besteht aus: **Bauer, Arbeiter, Wissenschafter.** — **Konrad Deubler,** ein Bauernphilosoph. — **Vom Weib.** Seine soziale Stellung und seine Befähigung. — **Ueber die ältere Natur-Verachtung und die neuere Natur-Betrachtung.** (17 Bogen.)

Der dritte Theil enthält: **Moses oder Darwin?** Eine Schulfrage. (11 Bogen.)

Der Herr Verfasser sagt zur Einführung des Werkes das Folgende:

Die Gegenwart baut am Rohbau einer neuen, einer besseren Zeit.

Das Alte ist zum Theil schon gestürzt, ein anderer Theil bröckelt nach: wir stehen vor Trümmerhaufen, aus denen wir die brauchbaren Granitblöcke alter Wahrheiten herausholen zur neuen Zusammenfügung ins Fundament der Zukunft. Der liegen bleibende Rest ist

unbrauchbarer Schutt, schlecht genug für Brennesseln und Disteln, zwischen welchen der rothe Feldmohn nicht mehr gedeihen kann.

Die kindliche Gedankenwelt entsagender Glaubensseligkeit mußte der erwachenden Vernunft im klaren Erkennen des Natur- und Weltgeschehens Platz machen. Wir haben aufgehört zu glauben, zu träumen und zu phantasiren, weil wir begonnen haben, unsere Sinne zu gebrauchen und die Vernunft, d. h. die natürlichen Denkgesetze, zu unserem Wegweiser zu machen.

Zu allen Zeiten gab es einige wenige Menschen, welche alles Glaubenswesen über Bord geworfen und die Vernunft allein mit der Steuerung ihres Gedankenschiffleins betraut haben. Manche jener Wenigen sind dafür ans Kreuz geschlagen oder verbrannt worden. Nun kommt die Wende der Zeit und wird in ihrem Gefolge haben — die Wende der Noth.

Es ist keine Frage: wer die Gesetze des Natur- und Weltgeschehens erkennt, der wird Natur und Welt in seiner Art beherrschen. Er kennt die Vergangenheit und die Gegenwart und weil er das Entwicklungsgesetz in den Geschehnissen der Vergangenheit und der Gegenwart herausrechnet, so berechnet er auch den fließenden Entwicklungsgang der Zukunft. Und er berechnet den Zerfall des Althergebrachten und noch Bestehenden mit derselben Sicherheit, wie der Astronom die Finsternisse der Sonne oder des Mondes vorausrechnet.

Vieles von dem Althergebrachten wird über Kurzem fallen, zerbröckeln. Wir hören das Knistern und Kritschen im morschen Mauerwerk heute schon. Wir können auch sagen, daß morgen dieser alte Bau, übermorgen ein anderer in Staub zusammensinkt.

Dergleichen Zerstörungs-Phänomene sind nicht immer vergnüglich anzuschauen, sondern oft niederschlagend. Wir sollten in allen Fällen darauf bedacht sein, an Stelle des Alten ein besseres und schöneres Neues zu setzen.

Das ist die Aufgabe wahrhaftiger Befreiung, die zugleich Beseligung ist.

Kein Zweifel! Die Wahrheit allein kann frei und kann selig machen. Sie — die Wahrheit — in weite Kreise zu tragen, dorthin zu tragen, wo Irrthum, Glaube und Wahn nur Unheil schufen — das ist die schönste Aufgabe derer, die am Webstuhl der

Zeit arbeiten und ein dauerhaft Gewand wirken für das Gedankenwesen der Zukunft.

In diesem Sinne hielt ich seit circa fünfundzwanzig Jahren öffentliche Vorträge auch außerhalb der Hochschule. Hier — in dieser Sammlung — kommen einige derselben zur Publikation: etliche zum ersten Mal, andere in neuer Auflage.

Sie sind nicht ohne Eindruck geblieben, diese Vorträge und Aufsätze. Vielen denkenden Menschen haben sie Anregung gebracht, manche Zweifler zur Einsicht geführt, Vieler Willen angefacht und manchen Elenden getröstet. Mögen sie das weiterhin thun!

In dem Kapitel über „Leben und Tod" triumphirt nicht der Tod, sondern das Leben. Jener — der Tod — ist ein Nichts, vor dem kein naturwissenschaftlich gebildeter Mensch mehr Furcht haben kann. Weg mit der Furcht vor den Gespenstern, weg mit der Furcht vor dem Tode! so **können** wir leben!

Im „Bauer, Arbeiter und Wissenschafter" soll gezeigt werden, daß wir alle Drei zusammenstehen müssen, wie die drei Männer auf dem Rütli, wenn die Freiheit für Alle heraufkommen soll über den Nöthen und Drangsalen unserer Zeit.

Der Aufsatz über Konrad Deubler hat die Aufgabe, zu zeigen, wie der schlichte Sinn des Bauers und Arbeiters ganz wohl befähigt ist, das Natur- und Weltganze wissenschaftlich zu verstehen und in dieser Weltanschauung selig zu sein — ohne Glaubenssätze und ohne kirchliches Wesen. Jener österreichische Bauernphilosoph ist mir ein Vorbild des Weltbürgers der Zukunft.

In der Abhandlung „Vom Weib" trete ich dem landläufigen Vorurtheil entgegen, daß das Weib nach Geist und Leib ein minderwerthig Wesen und von Natur aus verurtheilt sei, Sklavin des Mannes zu sein. Das Weib ist als Mensch dem Manne mindestens ebenbürtig. Soll die ganze menschliche Gesellschaft frei und glücklich werden, so haben wir in erster Linie am Weib ein tausendjähriges Unrecht gut zu machen und ihm die Gleichberechtigung mit dem Manne zu geben. Anders kommen wir nicht vom Fleck und nicht aus der sozialen Misere heraus.

Der Vortrag über „Die ältere Natur-Verachtung und neuere Natur-Betrachtung" zeichnet den Gegensatz zwischen

Altem und Neuem, zwischen finsterem Glaubenswesen und stupider Unwissenheit einerseits und verheißungsvoller Erkenntniß anderseits.

Den Schluß dieser Sammlung bildet die Serie von drei Vorträgen über die Frage: „Moses oder Darwin?“ welche hier zum sechsten Mal in deutscher Auflage erscheinen. Diese Frage ist unzweideutig beantwortet: jedes Kind wird die Antwort verstehen, nachdem sie bis heute schon von hunderttausend Hörern und Lesern bereits verstanden worden ist.

Ich hoffe, der Leser dieser Vorträge und Aufsätze aus Leben und Wissenschaft wird unschwer den rothen Faden erkennen, welcher sich von Anfang bis zu Ende durch das ganze Buch hinzieht. Der Leser wird auch alsbald erkennen, daß wir bei der neuen Weltanschauung ganz wohl unsere Rechnung finden in Sachen innerer Glückseligkeit. Diese innere Glückseligkeit darf fürderhin nicht mehr blos Erbtheil einiger Weniger sein, sondern sie soll und muß Gemeingut Aller werden. Das arbeitende, das schaffende Volk hat den ersten Anspruch auf die Wohlthaten wissenschaftlicher Erkenntniß.

Demselben arbeitenden, schaffenden Volk sei dies Buch gewidmet!

Das Werk wird hiermit zur öffentlichen Subskription aufgelegt.

Alle Buchhändler und Kolporteure nehmen Bestellungen entgegen.

Der Umfang des Werkes wird 24 Lieferungen à 20 Pf. nicht übersteigen. — Alle acht Tage erscheint ein Heft.

Einer recht zahlreichen Subskription entgegensehend, zeichnet

Stuttgart, 1. Juli 1896.

Hochachtungsvoll

J. H. W. Dietz' Verlag.

Druck von J. H. W. Dietz in Stuttgart.

Altem und Neuem, zwischen finsterem Glaubenswesen und stupider Unwissenheit einerseits und verheißungsvoller Erkenntniß anderseits.

Den Schluß dieser Sammlung bildet die Serie von drei Vorträgen über die Frage: „Moses oder Darwin?" welche hier zum sechsten Mal in deutscher Auflage erscheinen. Diese Frage ist unzweideutig beantwortet: jedes Kind wird die Antwort verstehen, nachdem sie bis heute schon von hunderttausend Hörern und Lesern bereits verstanden worden ist.

Ich hoffe, der Leser dieser Vorträge und Aufsätze aus Leben und Wissenschaft wird unschwer den rothen Faden erkennen, welcher sich von Anfang bis zu Ende durch das ganze Buch hinzieht. Der Leser wird auch alsbald erkennen, daß wir bei der neuen Weltanschauung ganz wohl unsere Rechnung finden in Sachen innerer Glückseligkeit. Diese innere Glückseligkeit darf fürderhin nicht mehr blos Erbtheil einiger Weniger sein, sondern sie soll und muß Gemeingut Aller werden. Das arbeitende, das schaffende Volk hat den ersten Anspruch auf die Wohlthaten wissenschaftlicher Erkenntniß.

Demselben arbeitenden, schaffenden Volk sei dies Buch gewidmet!

Das Werk wird hiermit zur öffentlichen Subskription aufgelegt.

Alle Buchhändler und Kolporteure nehmen Bestellungen entgegen.

Der Umfang des Werkes wird 24 Lieferungen à 20 Pf. nicht übersteigen. — Alle acht Tage erscheint ein Heft.

Einer recht zahlreichen Subskription entgegensehend, zeichnet

Stuttgart, 1. Juli 1896.

Hochachtungsvoll

J. H. W. Dietz' Verlag.

Druck von J. H. W. Dietz in Stuttgart.